

Verfahren

- generelles, fachliches Ziel des Verfahrens
 - Höchste Priorität auf Erfüllung aller Nachfragen unter Verwendung kürzest möglicher Pfade
 - Unter Einhaltung harter Nebenbedingungen (bspw. MaxBFQ)

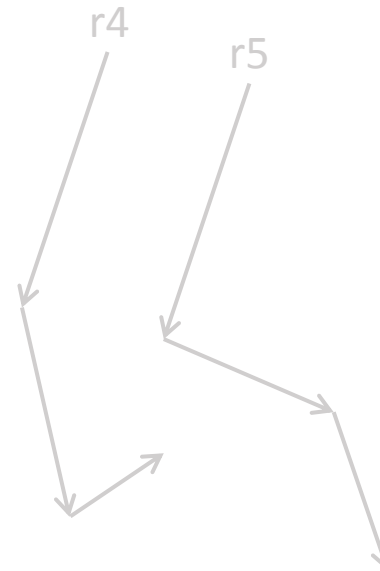
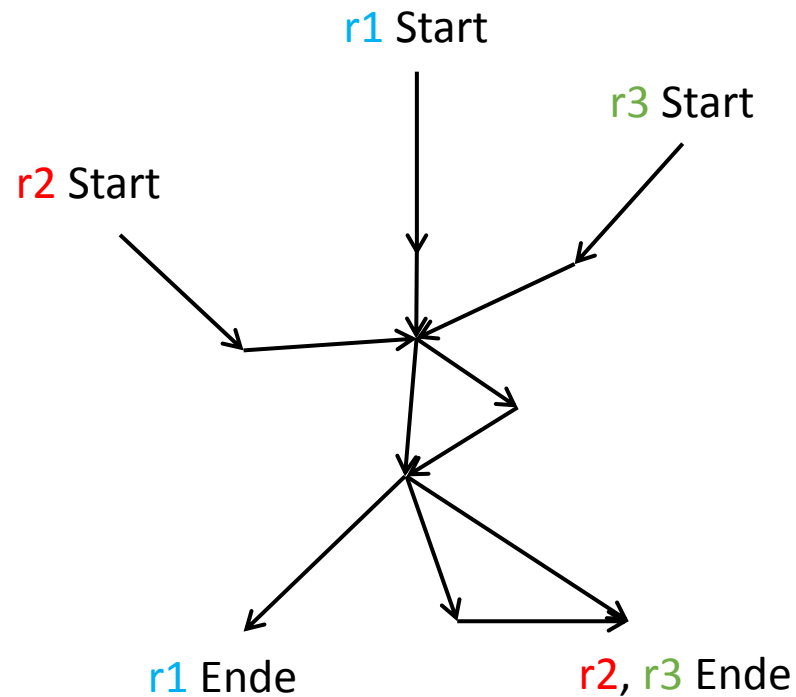
Verfahren – Restriktionen

- Folgende fachlichen Restriktionen werden vom Verfahren eingehalten:
 - Halteplatzkapazitäten
 - Konfliktfreiheit
 - Haltezeiten in Knoten
 - Kopfmachen mit parametrisierbarer Zeit
 - Verknüpfungszeiten werden eingehalten (durchgehende Trassen)
 - Kreisfreiheit (keine Schleifen in den Pfaden)
 - Einhaltung von Vorgaben (Delta Abfahrtszeit, MaxBFQ, ...)

Verfahren

- Netzwerk mit allen Systemtrassen
- Jede Nachfrage hat Menge an nutzbaren Systemtrassen

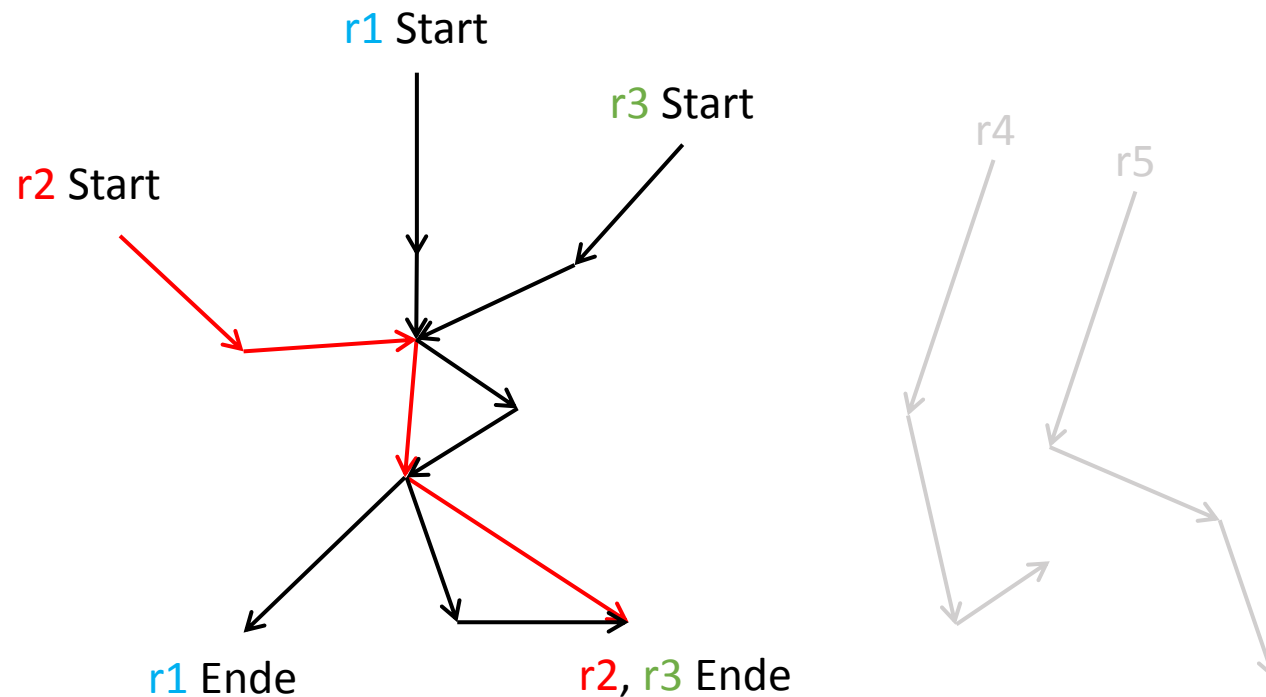
Nachfragen **r1**, **r2**, **r3**, r4, r5



Verfahren

Nachfragen **r1**, **r2**, **r3**, r4, r5

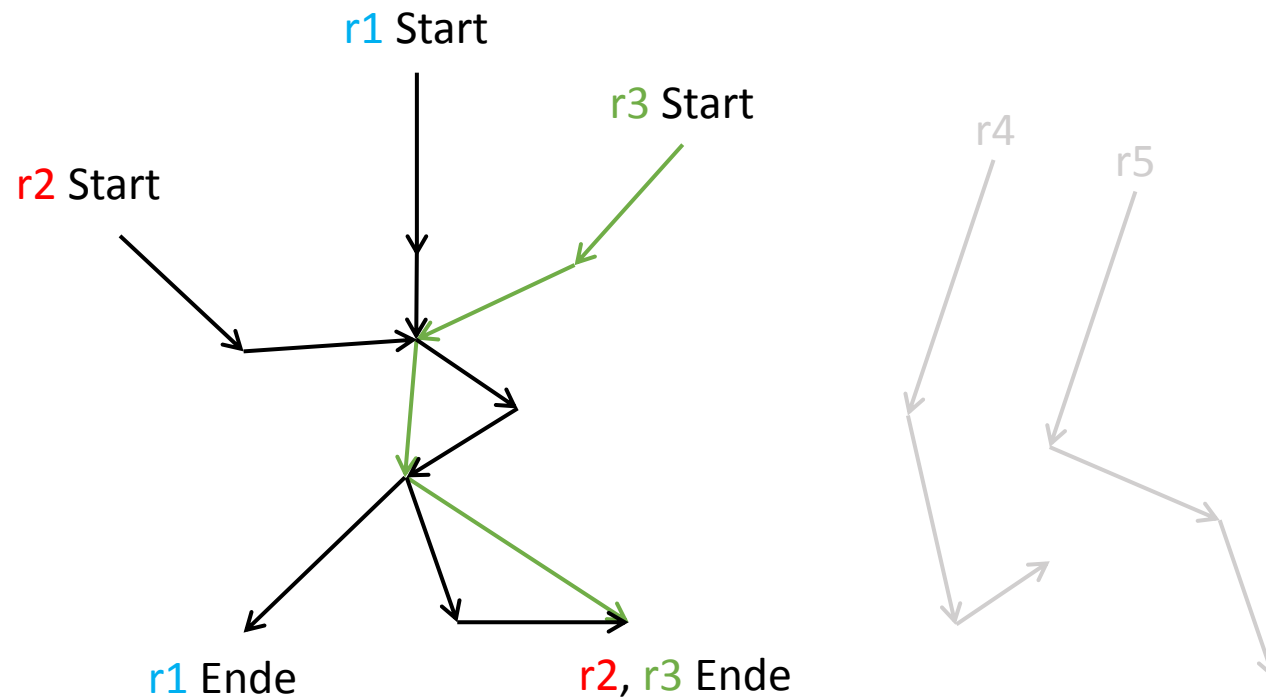
- Berechnung der kürzesten Wege für jede Nachfrage im freien Netz
- Iterativ für jede Nachfrage bzw. parallelisiert



Verfahren

Nachfragen **r1**, **r2**, **r3**, r4, r5

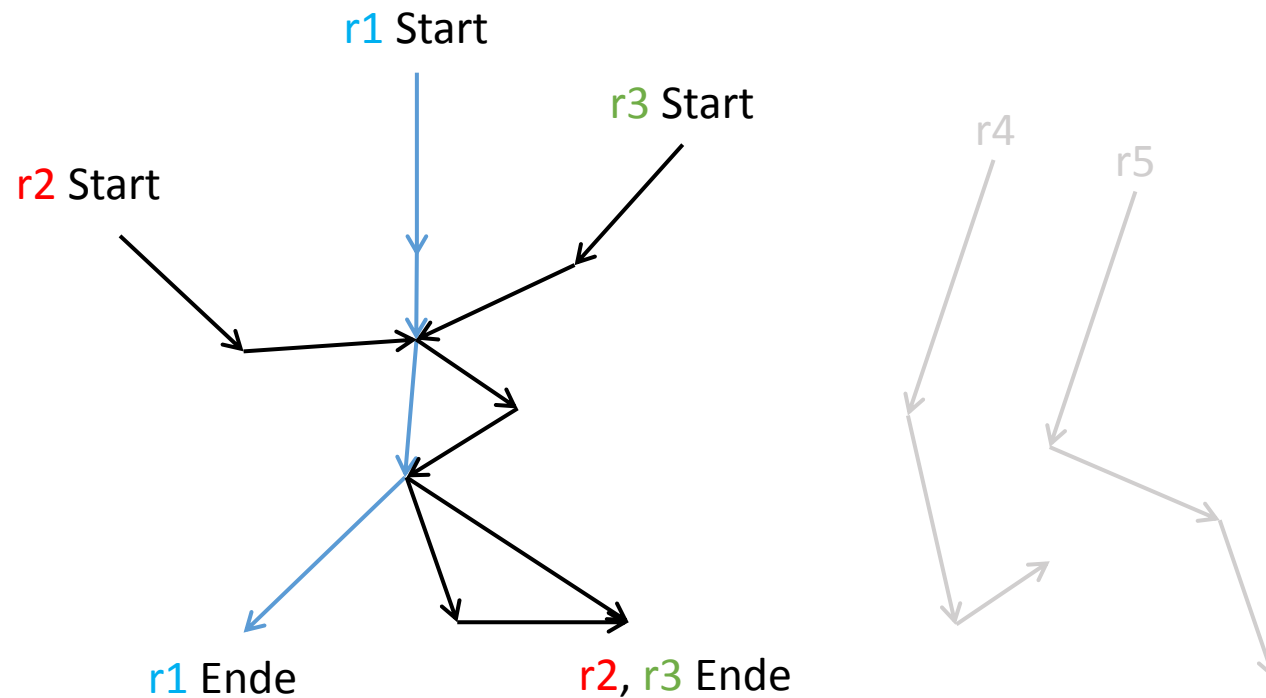
- Berechnung der kürzesten Wege für jede Nachfrage im freien Netz
- Iterativ für jede Nachfrage bzw. parallelisiert



Verfahren

Nachfragen **r1**, **r2**, **r3**, r4, r5

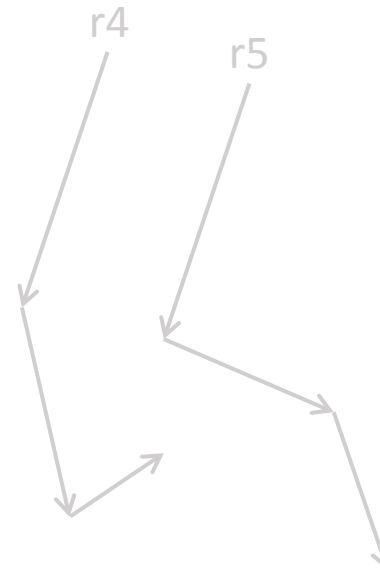
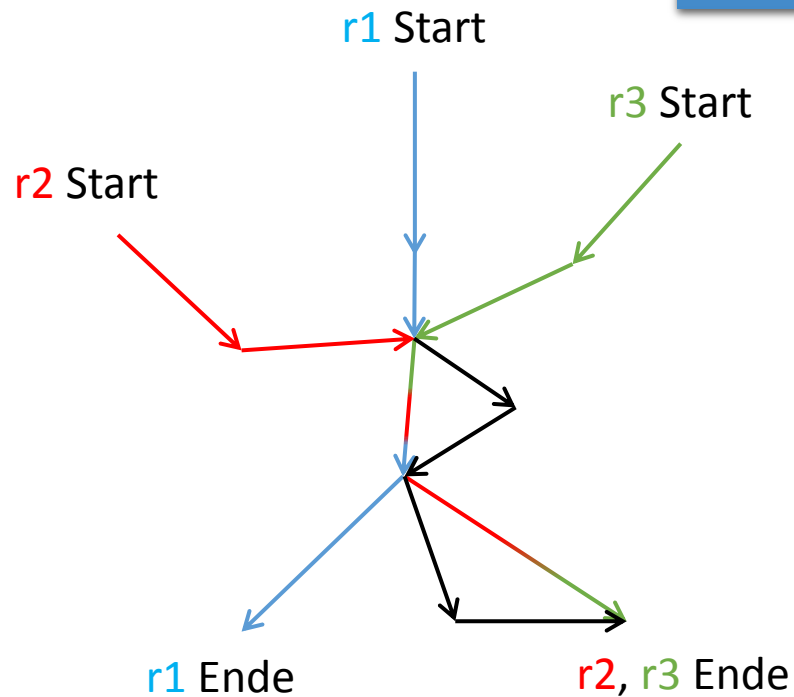
- Berechnung der kürzesten Wege für jede Nachfrage im freien Netz
- Iterativ für jede Nachfrage bzw. parallelisiert



Verfahren

Nachfragen **r1**, **r2**, **r3**, r4, r5

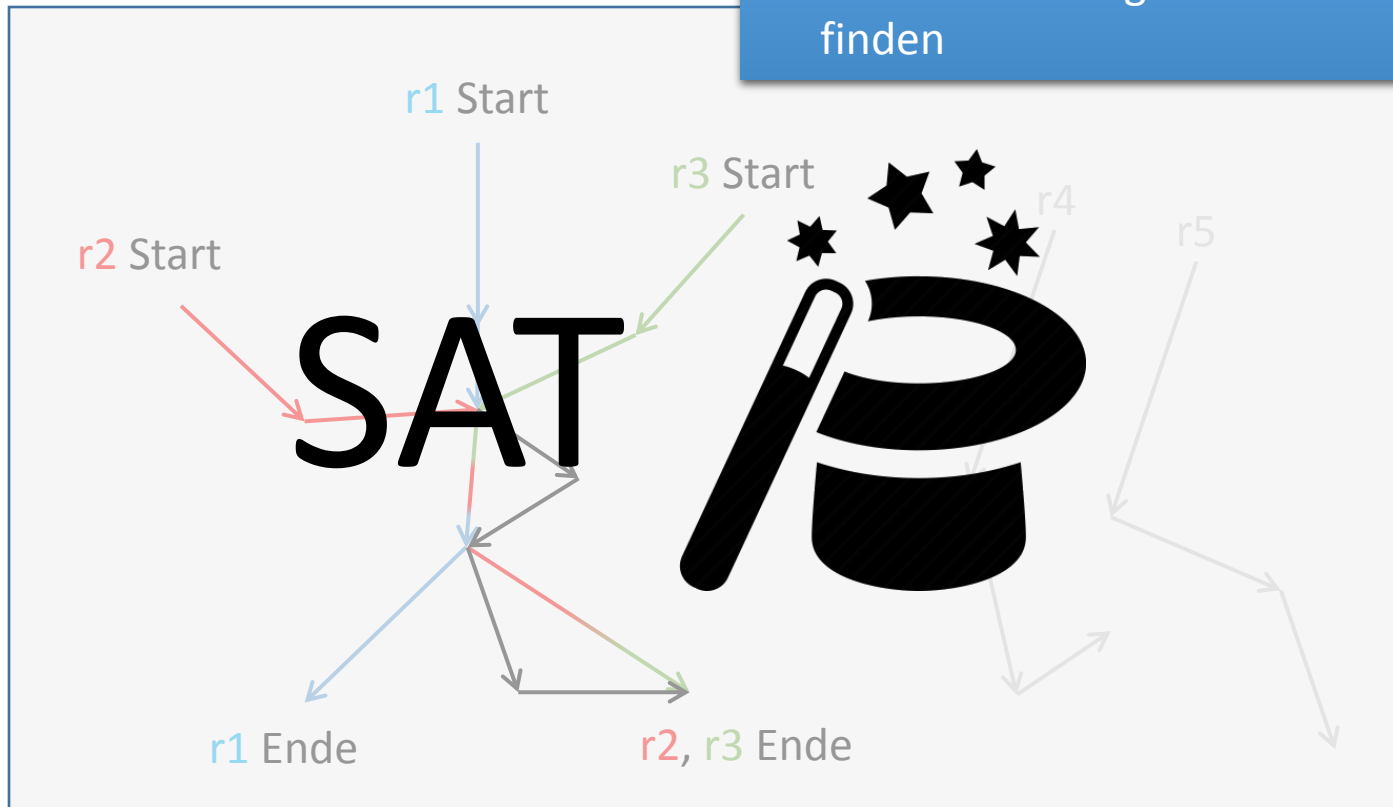
- Jede Nachfrage hat jetzt eine Menge an möglichen, belegbaren Systemtrassen
- Versuche Lösung für Netzwerk zu finden



Verfahren

Nachfragen **r1**, **r2**, **r3**, r4, r5

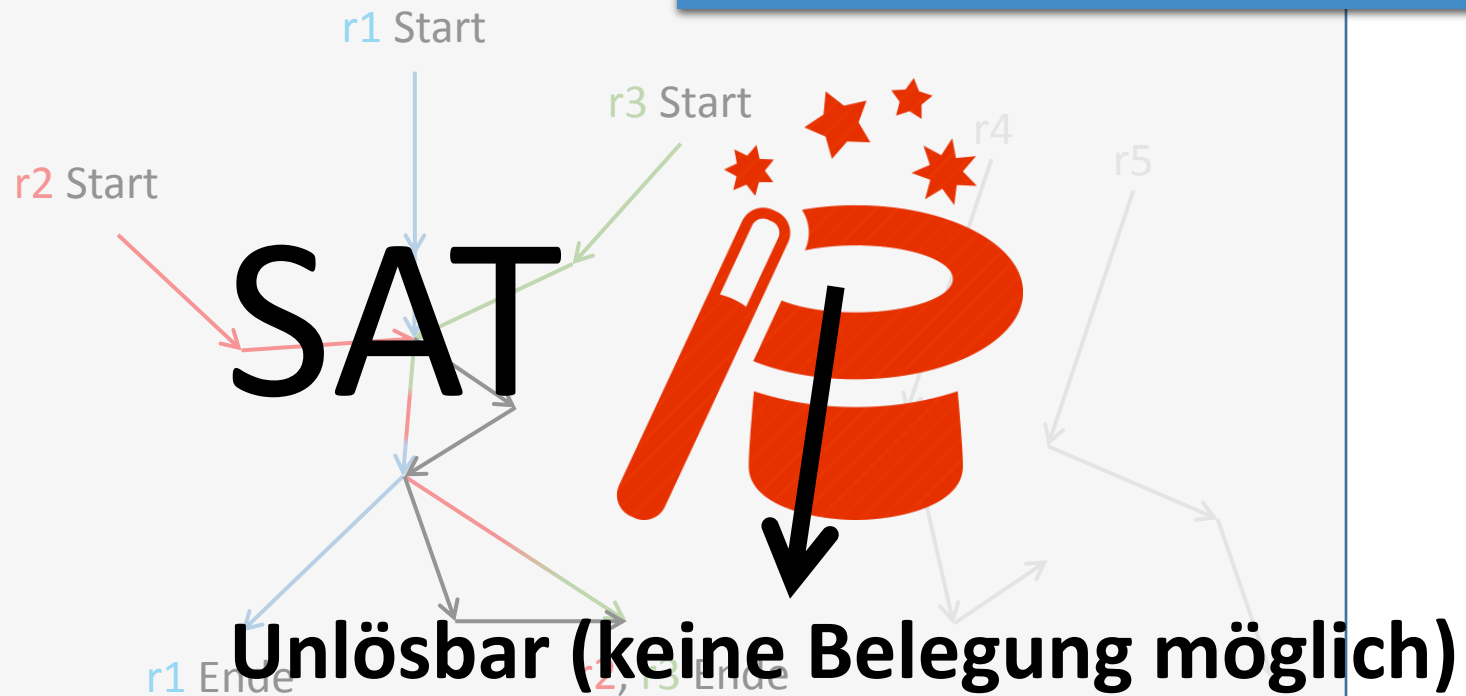
- Jede Nachfrage hat jetzt eine Menge an möglichen, belegbaren Systemtrassen
- Versuche Lösung für Netzwerk zu finden



Verfahren

Nachfragen **r1**, **r2**, **r3**, r4, r5

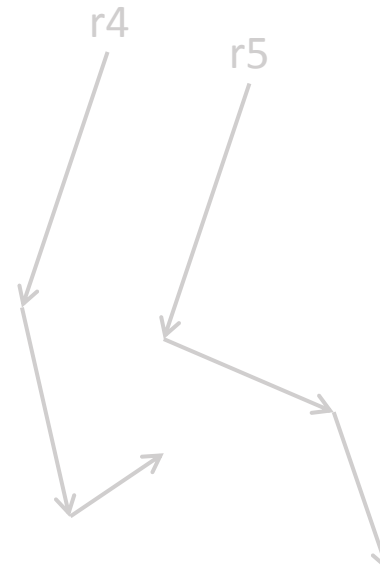
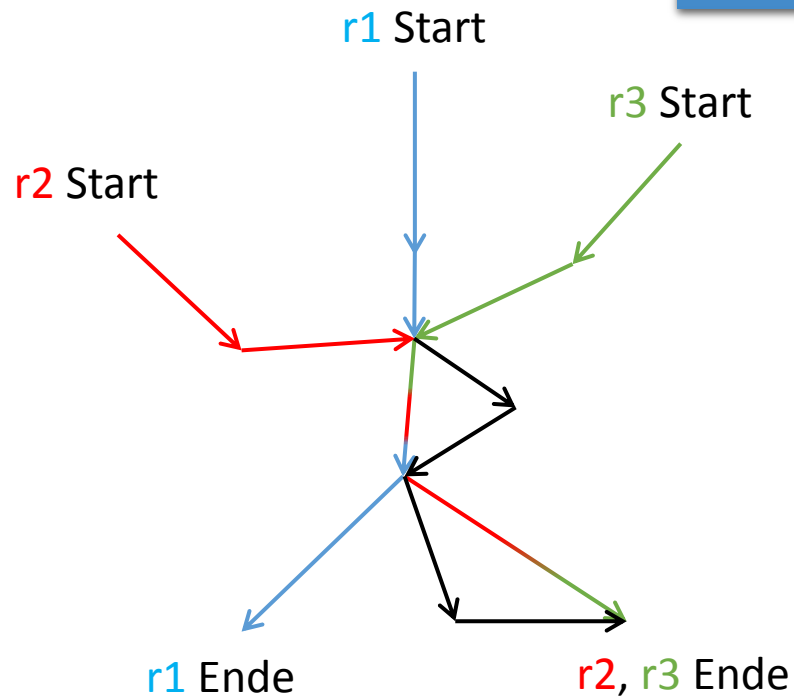
- Jede Nachfrage hat jetzt eine Menge an möglichen, belegbaren Systemtrassen
- Versuche Lösung für Netzwerk zu finden



Verfahren

Nachfragen **r1**, **r2**, **r3**, r4, r5

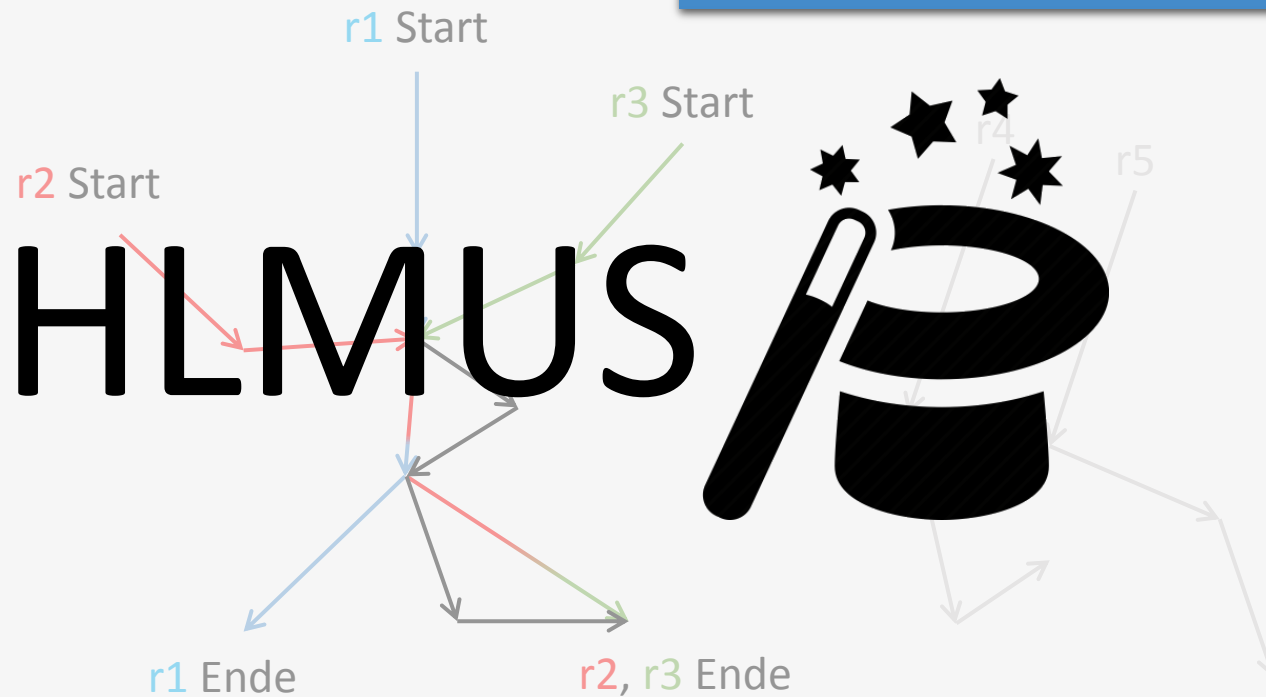
- Netzwerk unlösbar
- Wir möchten herausfinden welche Nachfragen (minimal) nicht gleichzeitig belegt werden können
- → Makrokonflikt



Verfahren

Nachfragen **r1**, **r2**, **r3**, r4, r5

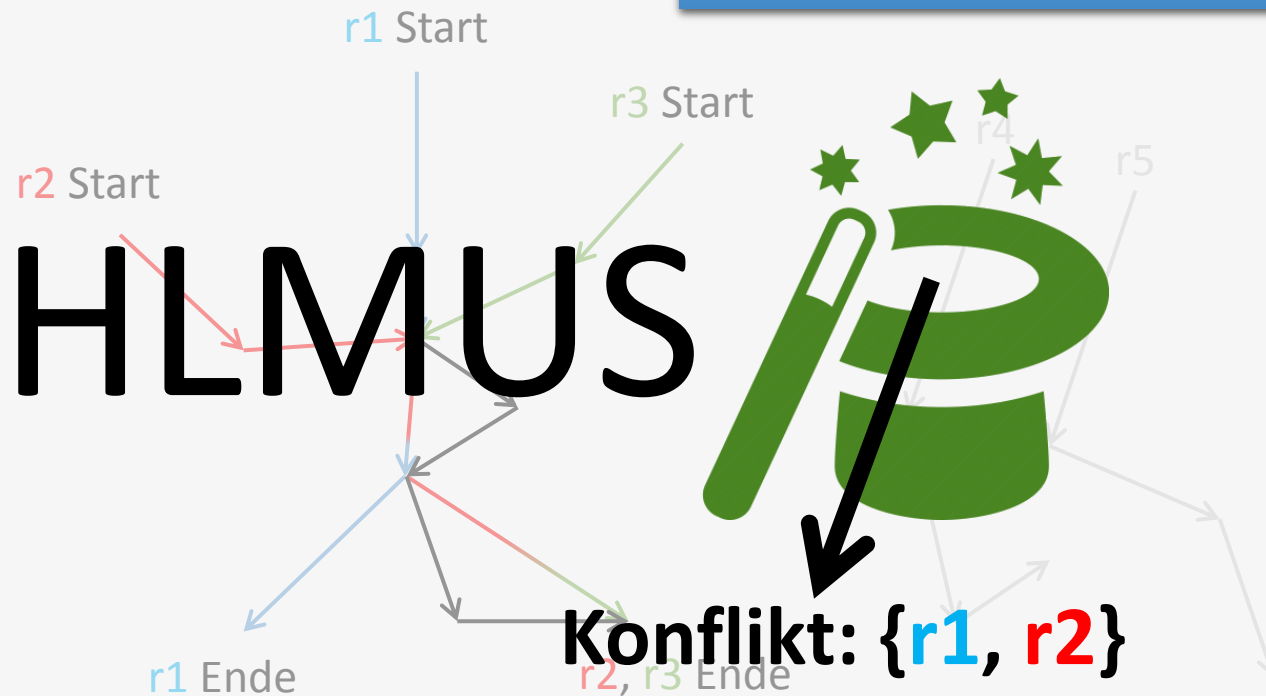
- Netzwerk unlösbar
- Wir möchten herausfinden welche Nachfragen (minimal) nicht gleichzeitig belegt werden können
- → Makrokonflikt



Verfahren

Nachfragen $r1$, $r2$, $r3$, $r4$, $r5$

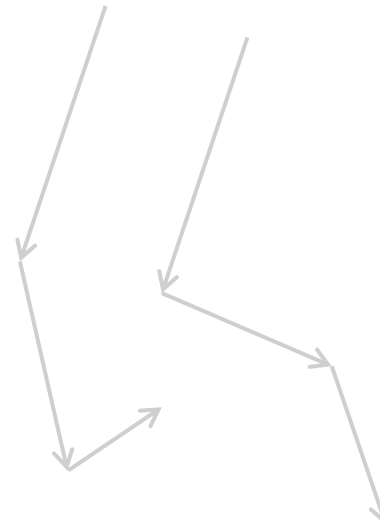
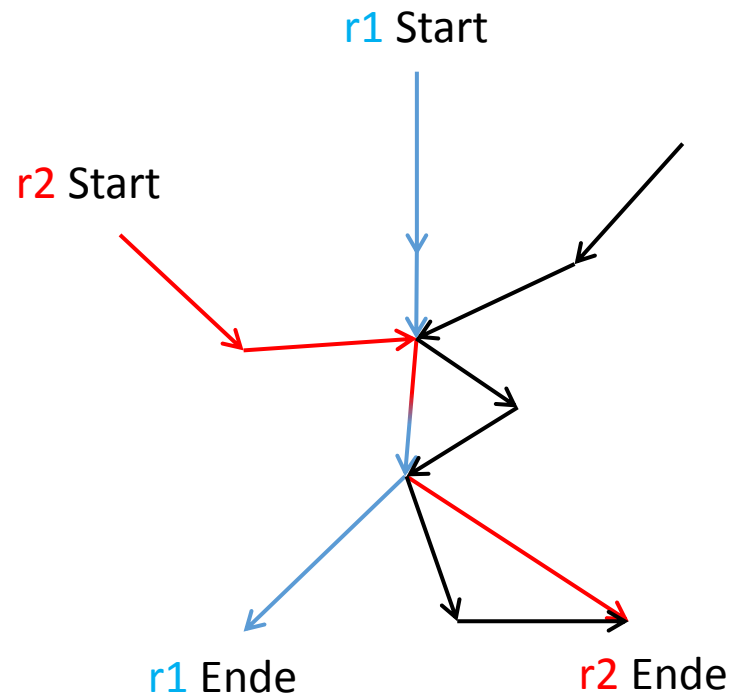
- Netzwerk unlösbar
- Wir möchten herausfinden welche Nachfragen (minimal) nicht gleichzeitig belegt werden können
- → Makrokonflikt



Verfahren

Nachfragen $r1$, $r2$

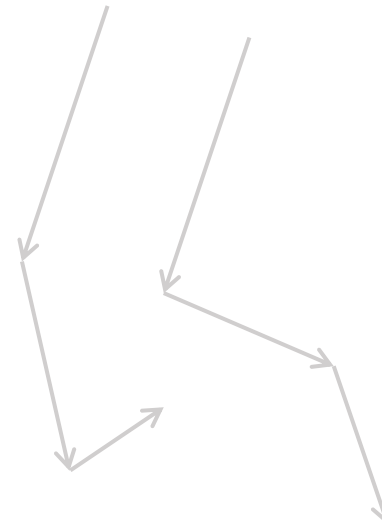
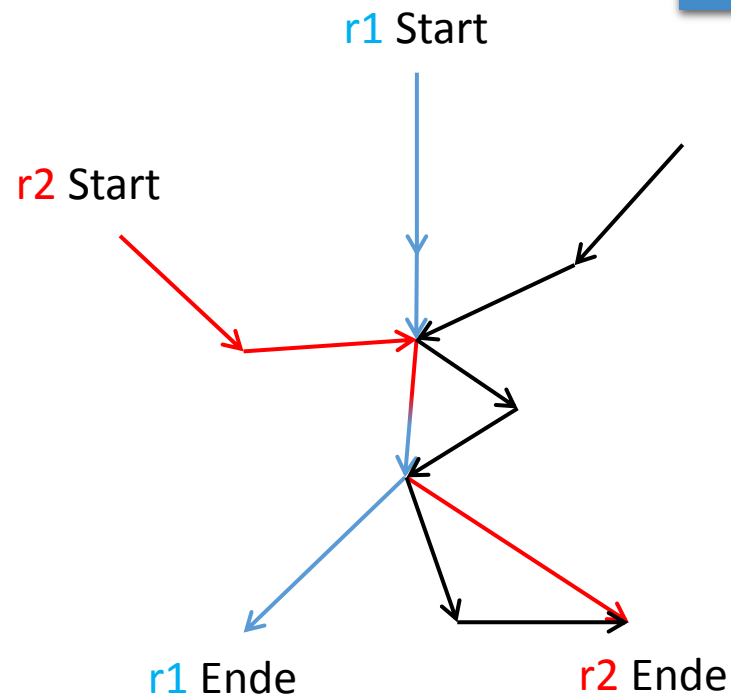
- Konfliktuntersuchung: $\{r1, r2\}$
- Ausblenden aller anderen Nachfragen



Verfahren

Nachfragen **r1**, **r2**

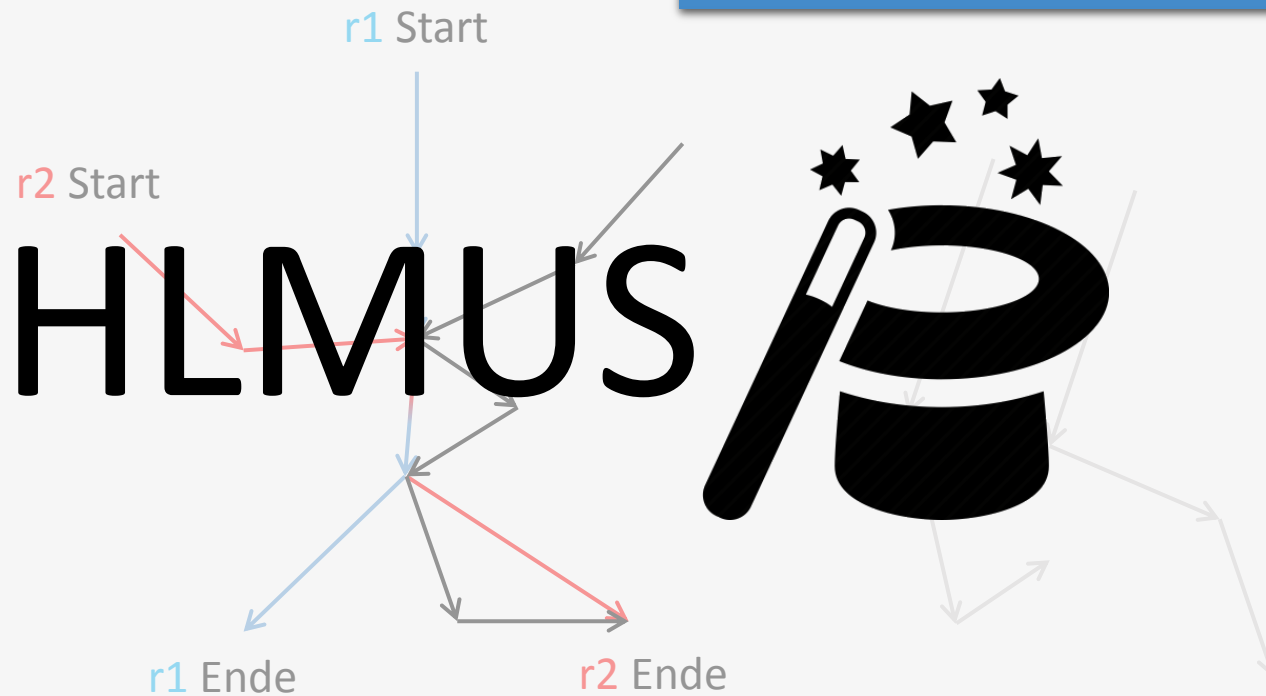
- Konfliktuntersuchung: {r1, r2}
- Welche Systemtrassen (und Gleiskapazitäten) haben daran Schuld?
- → Mikrokonflikt(e)



Verfahren

Nachfragen **r1**, **r2**

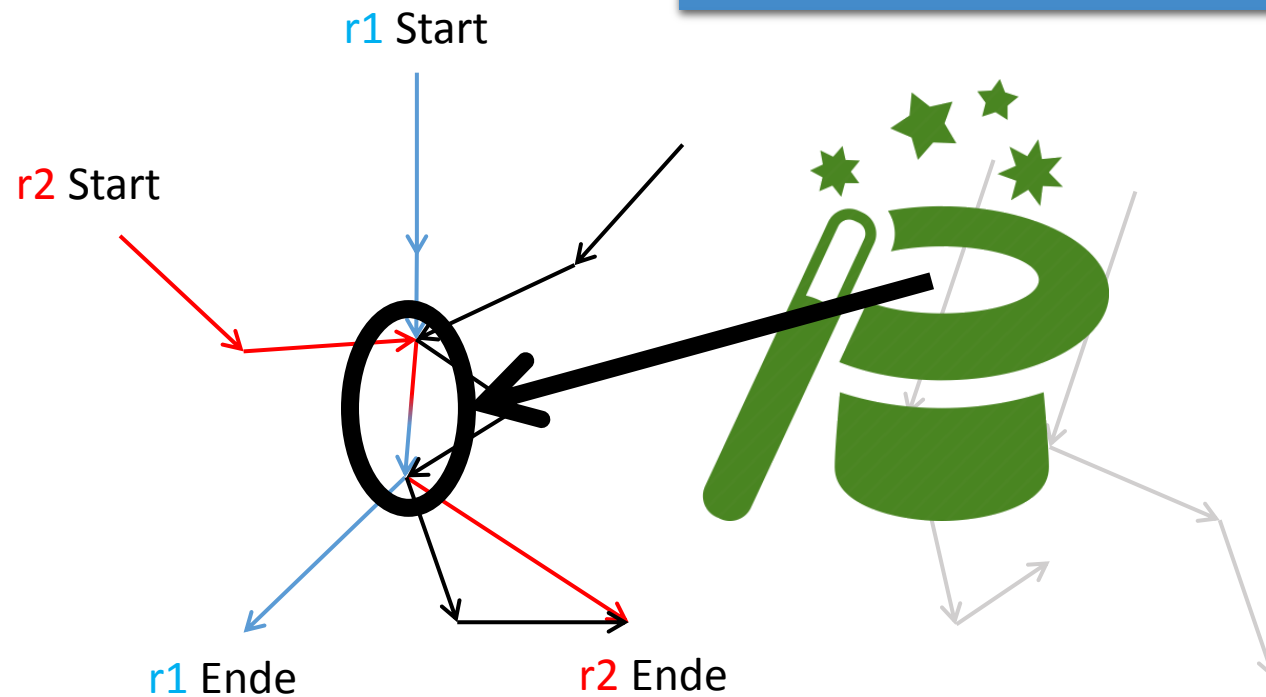
- Konfliktuntersuchung: $\{r1, r2\}$
- Welche Systemtrassen (und Gleiskapazitäten) haben daran Schuld?
- → Mikrokonflikt(e)



Verfahren

Nachfragen **r1**, **r2**

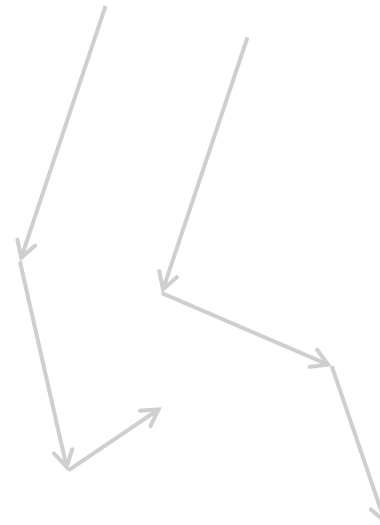
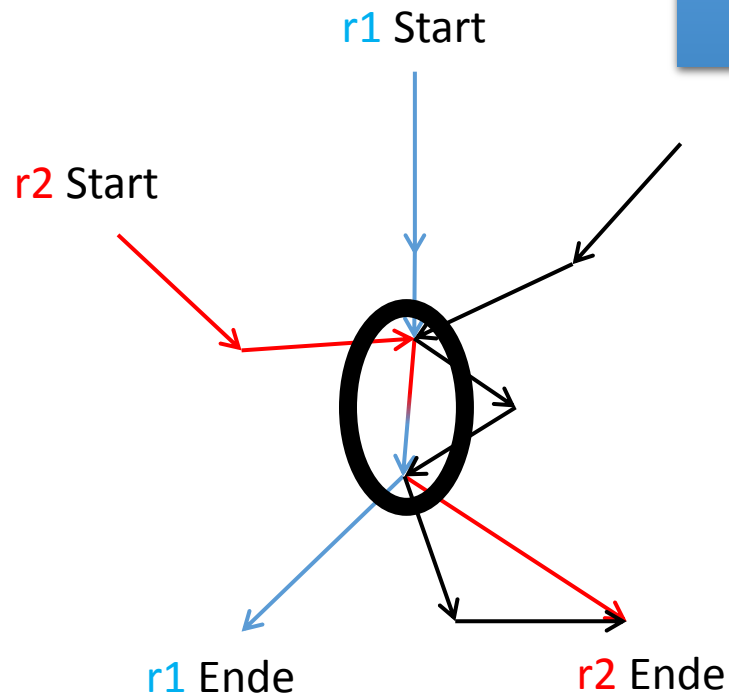
- Konfliktuntersuchung: {r1, r2}
- Welche Systemtrassen (und Gleiskapazitäten) haben daran Schuld?
- → Mikrokonflikt(e)



Verfahren

Nachfragen **r1**, **r2**

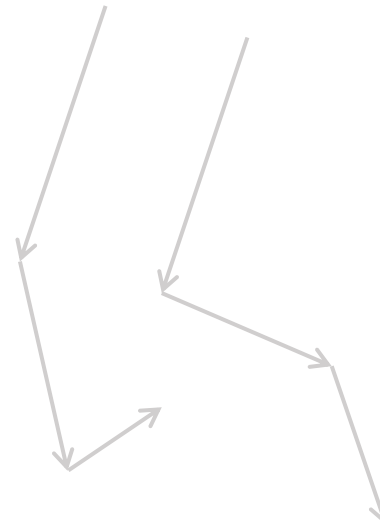
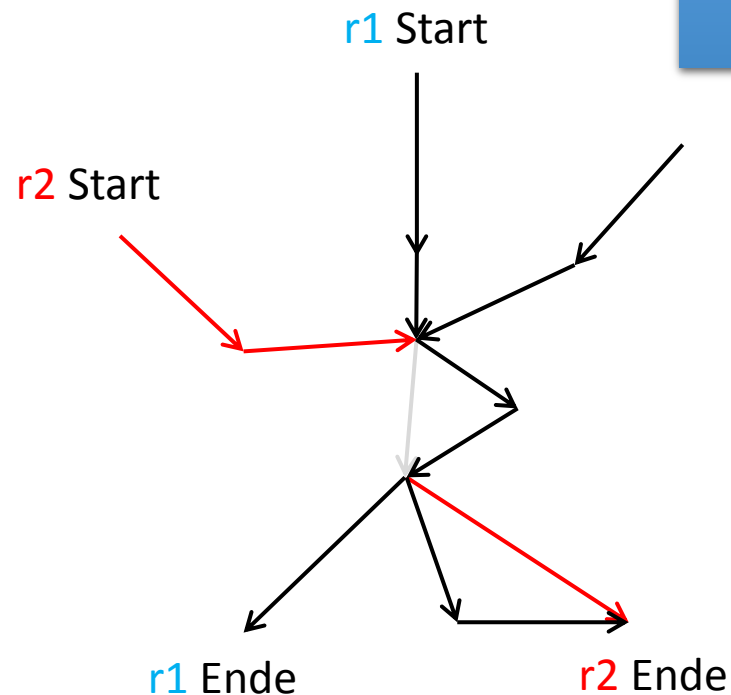
- Konfliktuntersuchung: {r1, r2}
- Im Konflikt ist hier lediglich eine Systemtrasse für die Nachfragen
- → Suche neuen kürzesten Pfad unter Ausschluss der Konflikttrassen für alle Nachfragen



Verfahren

Nachfragen **r1**, **r2**

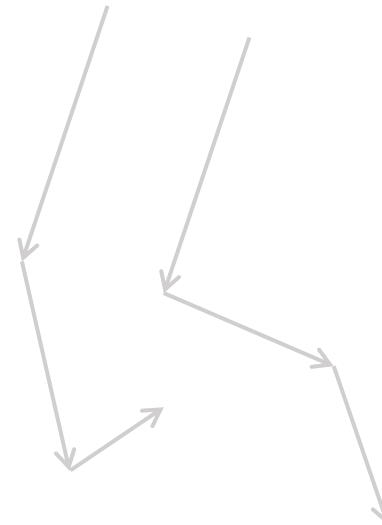
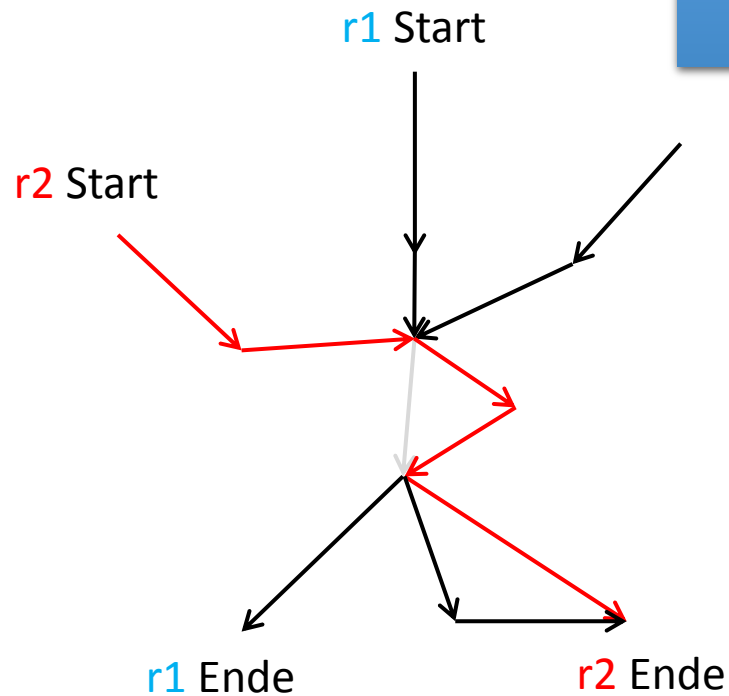
- Konfliktuntersuchung: {r1, r2}
- Im Konflikt ist hier lediglich eine Systemtrasse für die Nachfragen
- → Suche neuen kürzesten Pfad unter Ausschluss der Konfliktrassen für alle Nachfragen



Verfahren

Nachfragen **r1**, **r2**

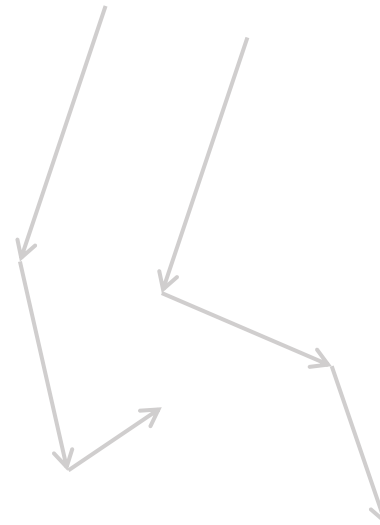
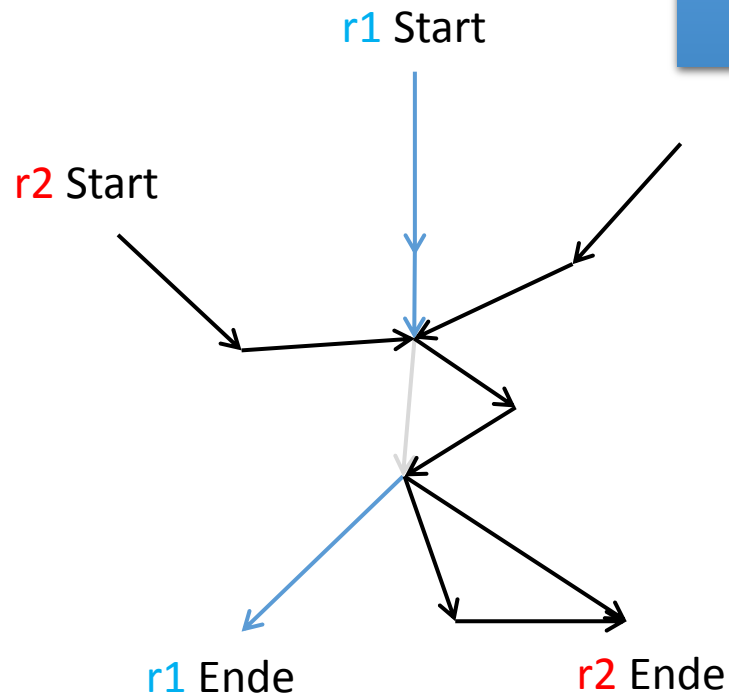
- Konfliktuntersuchung: {r1, r2}
- Im Konflikt ist hier lediglich eine Systemtrasse für die Nachfragen
- → Suche neuen kürzesten Pfad unter Ausschluss der Konflikttrassen für alle Nachfragen



Verfahren

Nachfragen **r1**, **r2**

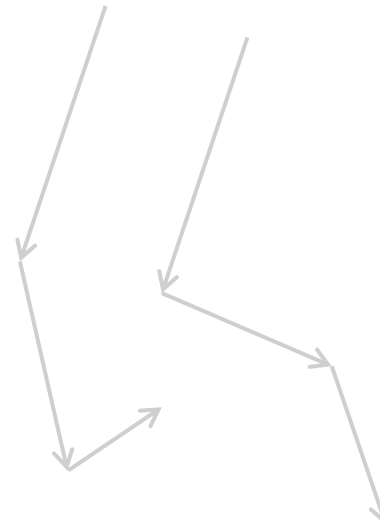
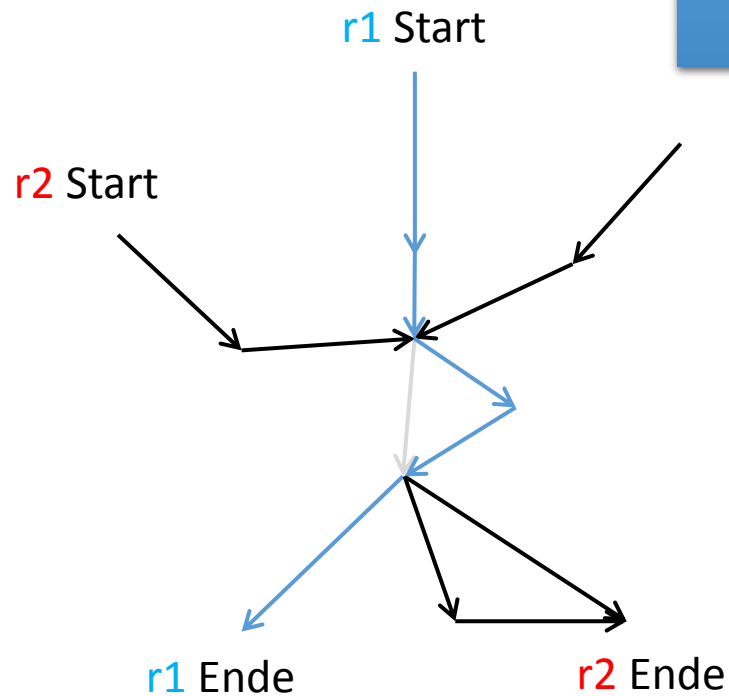
- Konfliktuntersuchung: {r1, r2}
- Im Konflikt ist hier lediglich eine Systemtrasse für die Nachfragen
- → Suche neuen kürzesten Pfad unter Ausschluss der Konflikttrassen für alle Nachfragen



Verfahren

Nachfragen **r1**, **r2**

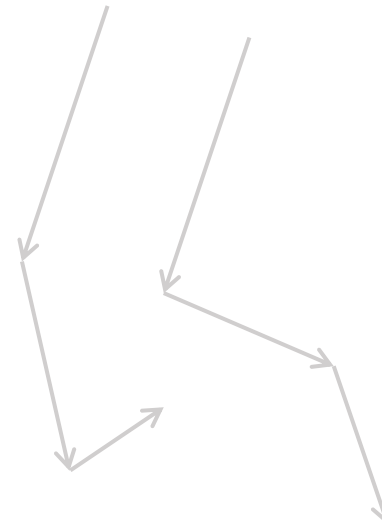
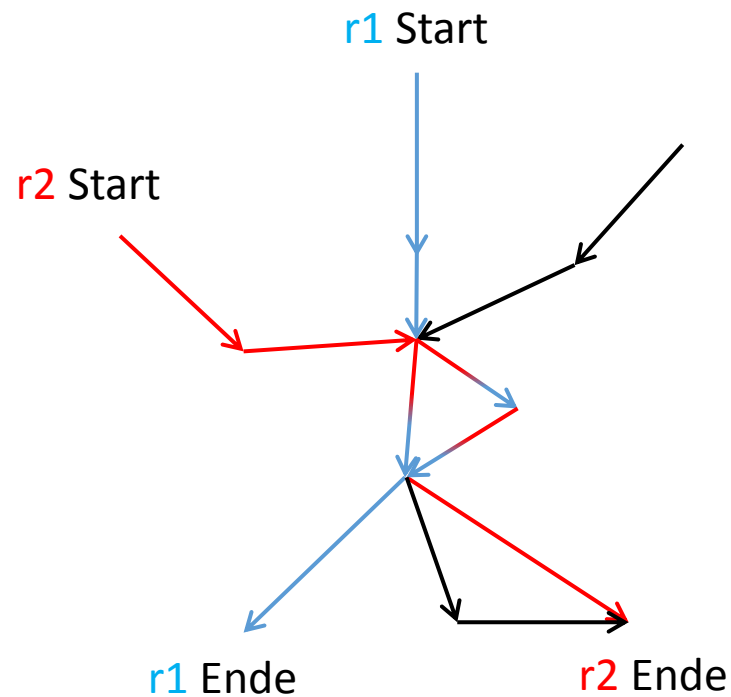
- Konfliktuntersuchung: {r1, r2}
- Im Konflikt ist hier lediglich eine Systemtrasse für die Nachfragen
- → Suche neuen kürzesten Pfad unter Ausschluss der Konflikttrassen für alle Nachfragen



Verfahren

Nachfragen **r1**, **r2**

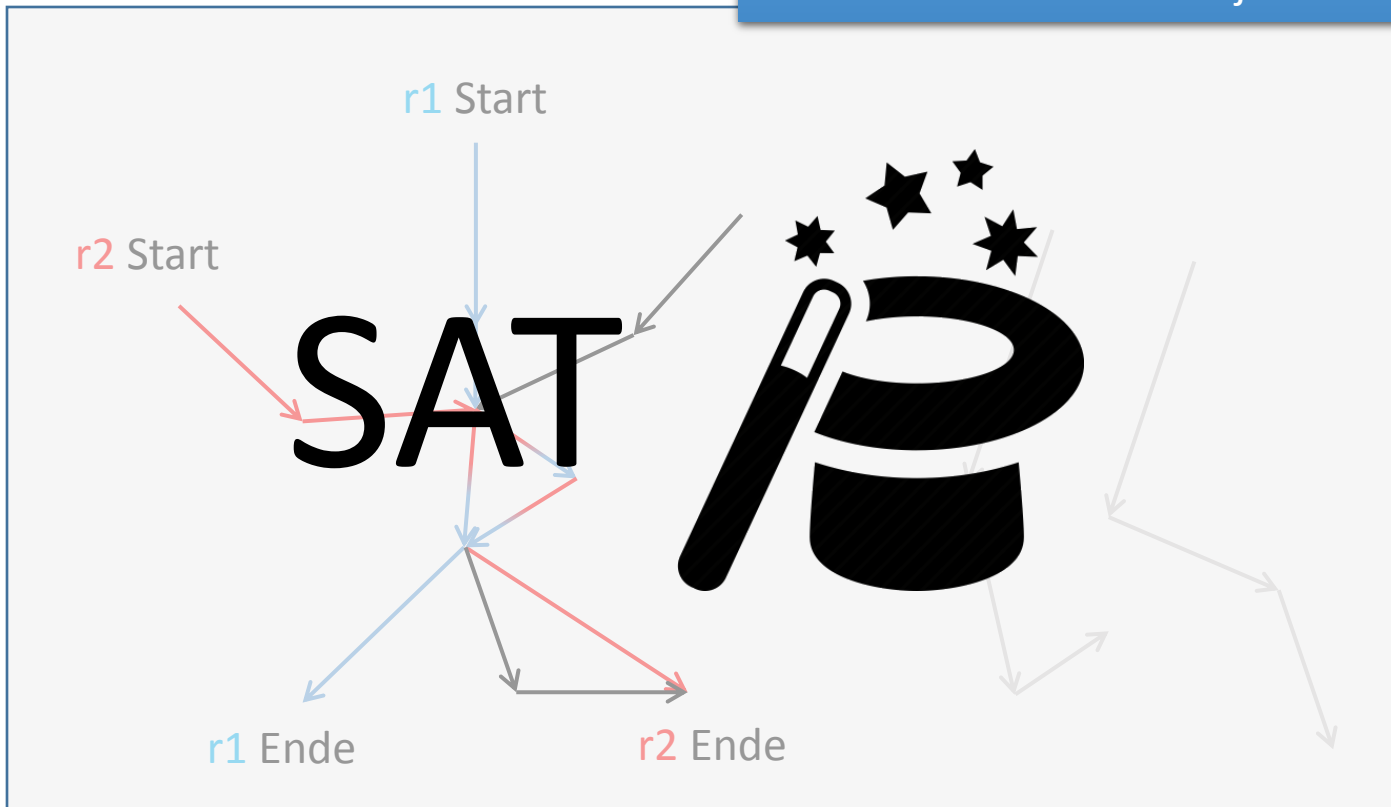
- Konfliktuntersuchung: {r1, r2}
- Mögliche Systemtrassenmenge für jede Nachfrage wurde vergrößert
- Ist der Makrokonflikt jetzt lösbar?



Verfahren

Nachfragen **r1**, **r2**

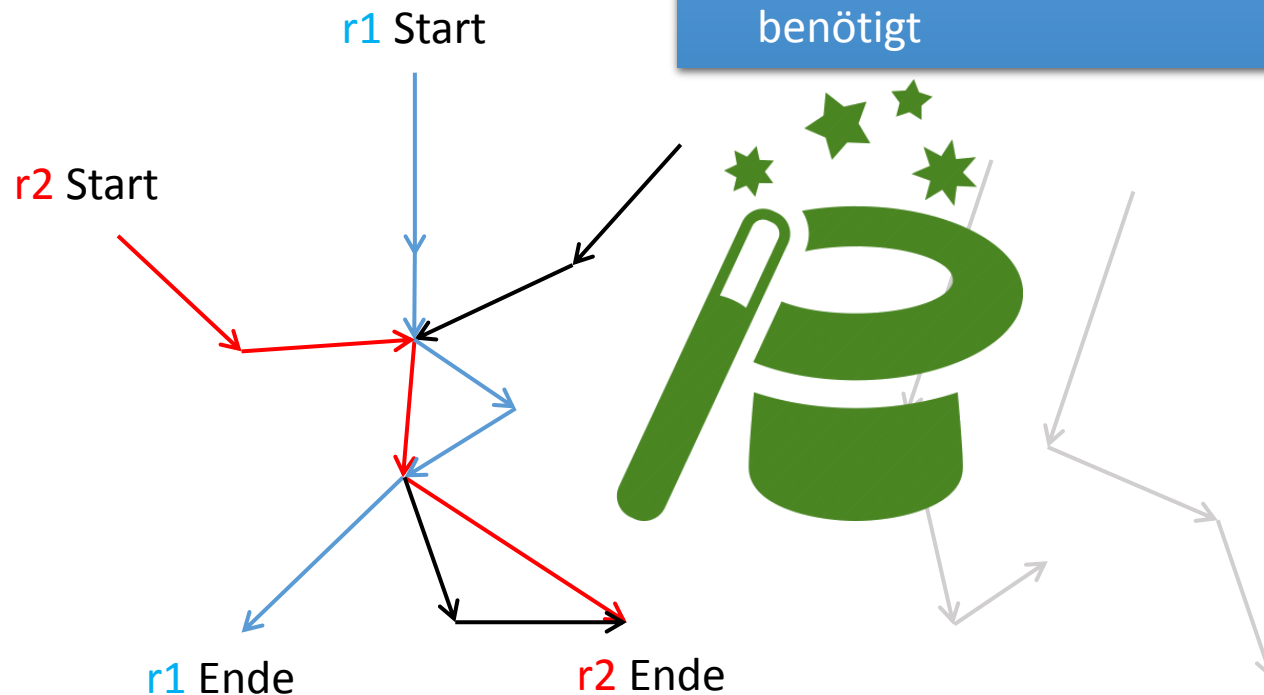
- Konfliktuntersuchung: {r1, r2}
- Mögliche Systemtrassenmenge für jede Nachfrage wurde vergrößert
- Ist der Makrokonflikt jetzt lösbar?



Verfahren

Nachfragen **r1**, **r2**

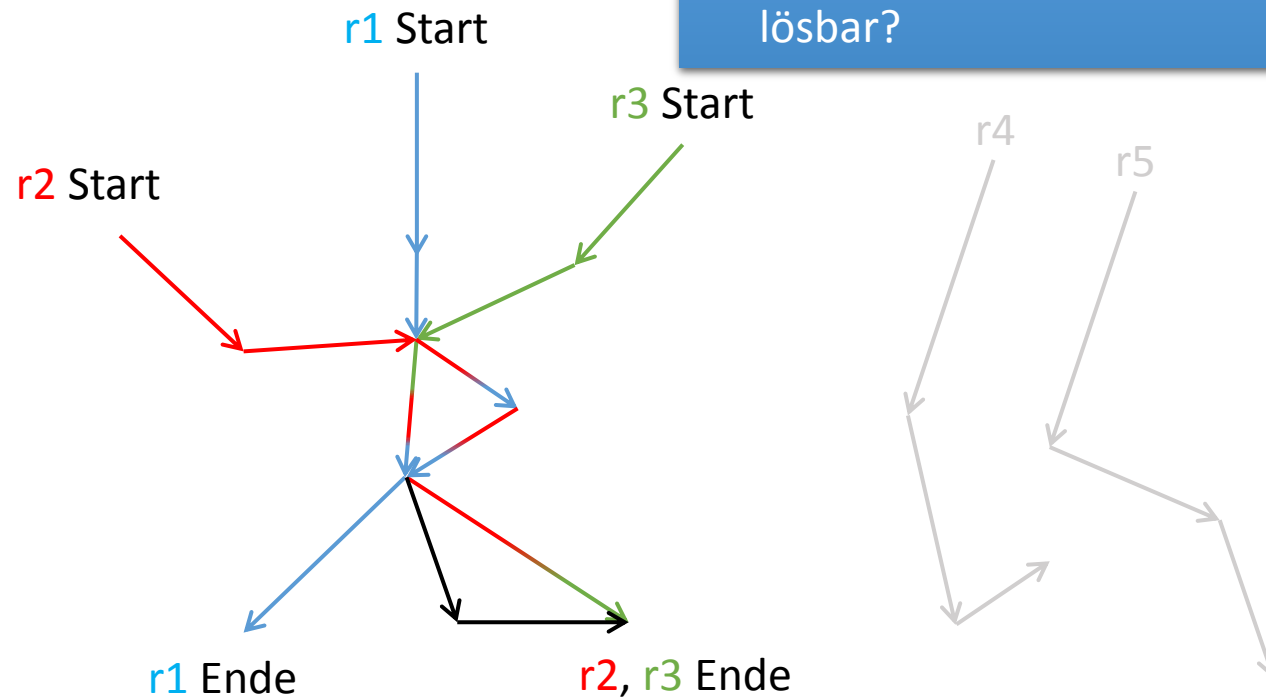
- Konfliktuntersuchung: {r1, r2}
- Mögliche Systemtrassenmenge für jede Nachfrage wurde vergrößert
- Ist der Makrokonflikt jetzt lösbar?
- Konkrete Lösung wird nicht weiter benötigt



Verfahren

Nachfragen **r1**, **r2**, **r3**, r4, r5

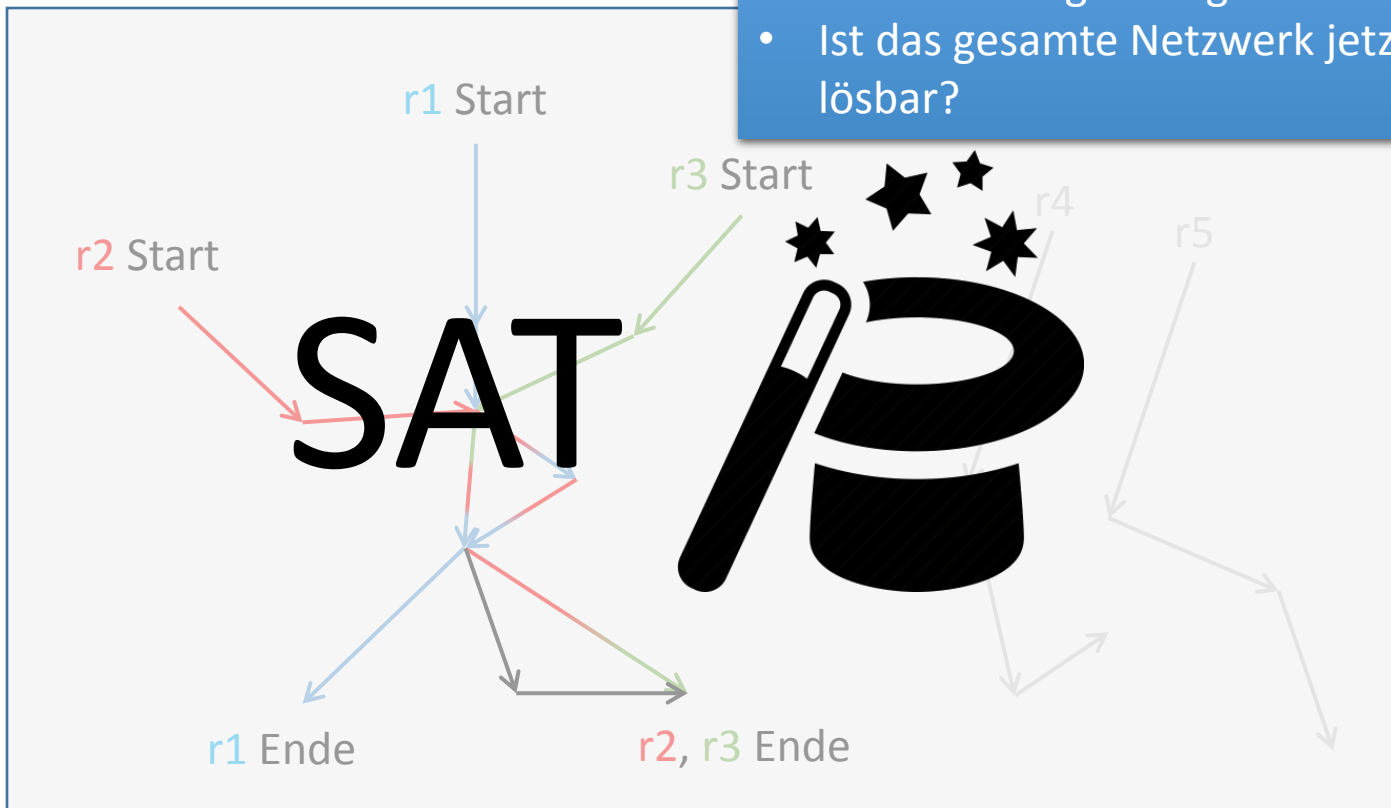
- Wir betrachten wieder alle Nachfragen
- Systemtrassenmenge für Nachfrage r1 und r2 ist größer geworden
- Ist das gesamte Netzwerk jetzt lösbar?



Verfahren

Nachfragen **r1**, **r2**, **r3**, r4, r5

- Wir betrachten wieder alle Nachfragen
- Systemtrassenmenge für Nachfrage r1 und r2 ist größer geworden
- Ist das gesamte Netzwerk jetzt lösbar?



Verfahren

Nachfragen **r1**, **r2**, **r3**, r4, r5

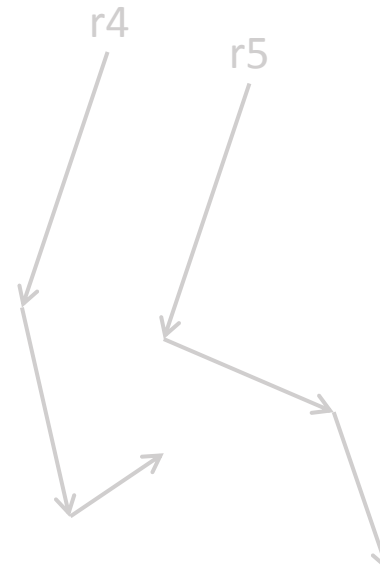
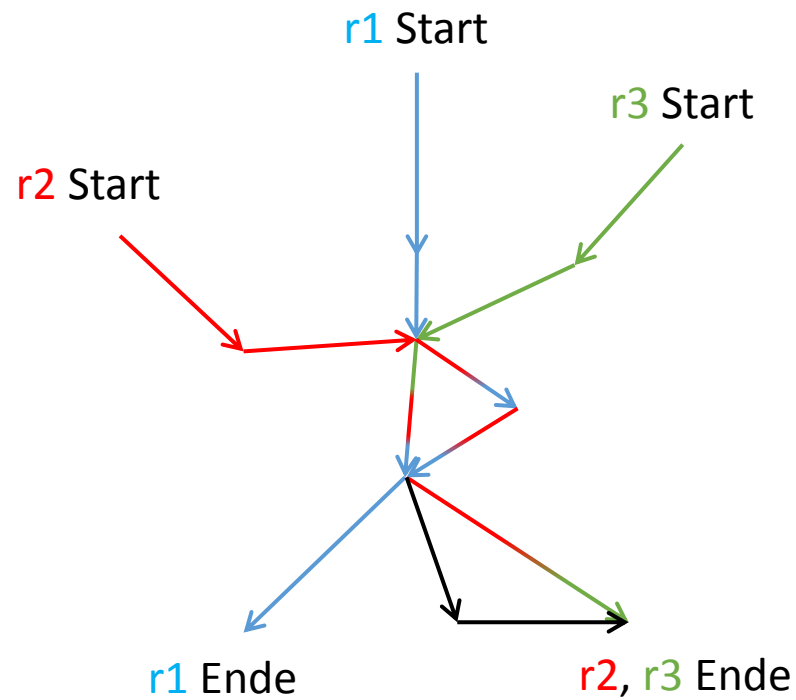
- Wir betrachten wieder alle Nachfragen
- Systemtrassenmenge für Nachfrage r1 und r2 ist größer geworden
- Ist das gesamte Netzwerk jetzt lösbar?



Verfahren

- Netzwerk wieder unlösbar
- → Versuche wieder Makrokonflikt zu finden

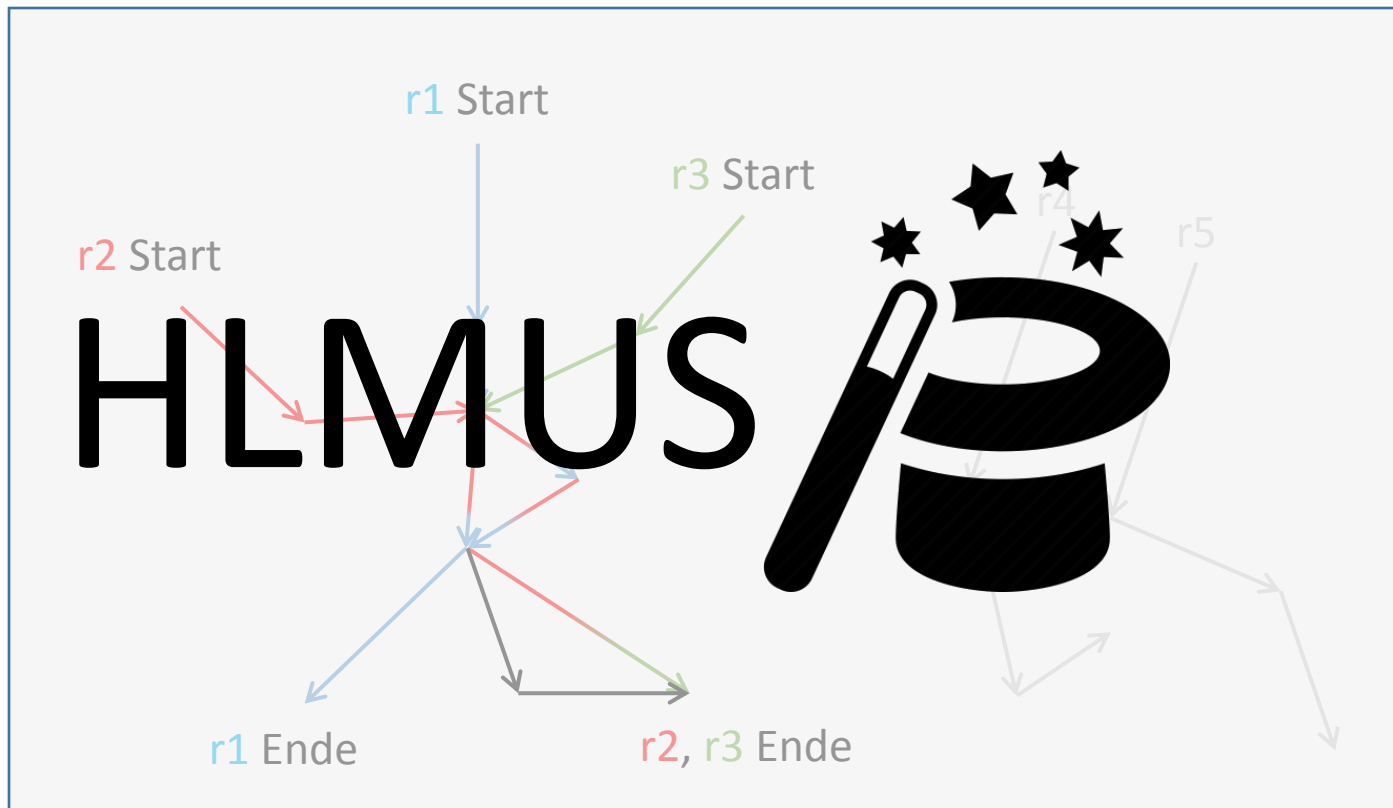
Nachfragen **r1**, **r2**, **r3**, r4, r5



Verfahren

- Netzwerk wieder unlösbar
- → Versuche wieder Makrokonflikt zu finden

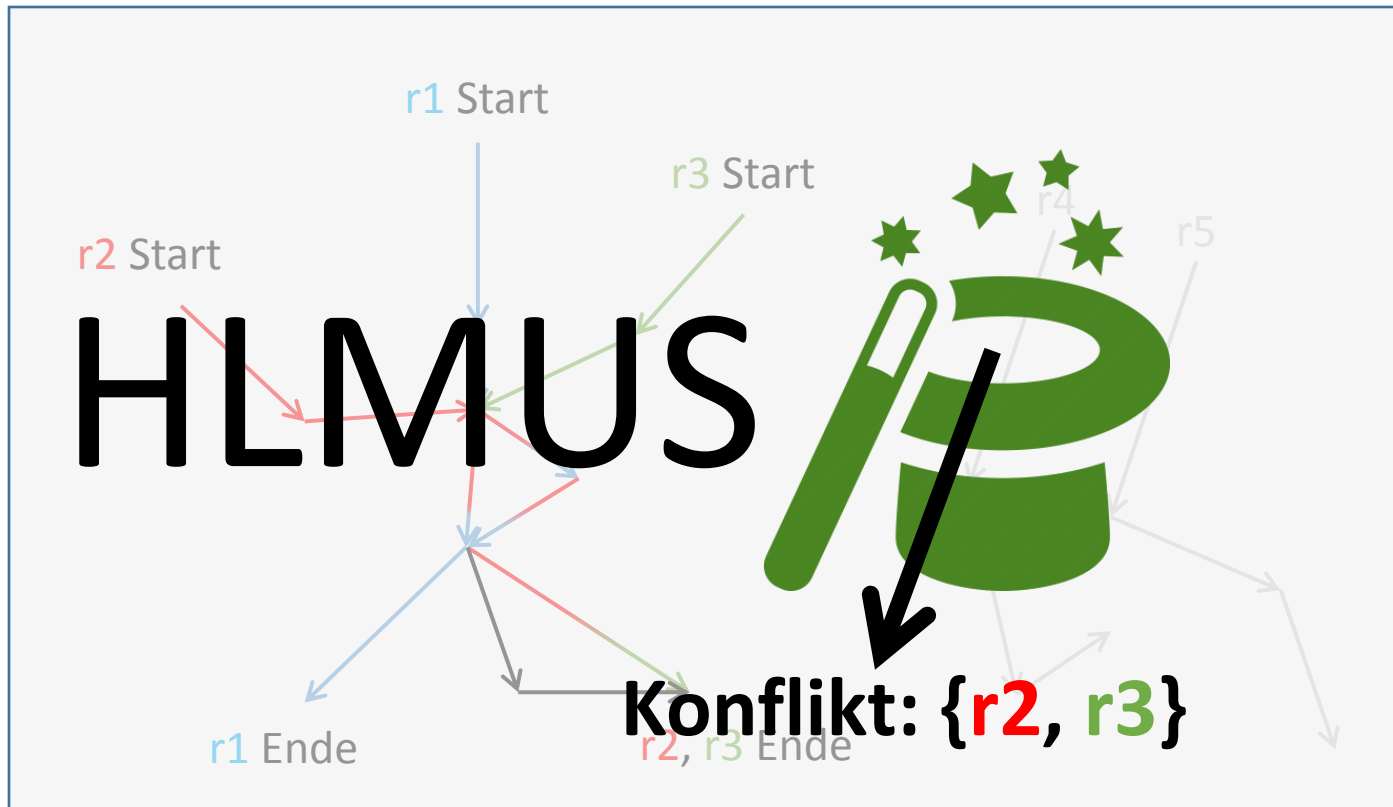
Nachfragen **r1**, **r2**, **r3**, r4, r5



Verfahren

- Netzwerk wieder unlösbar
- → Versuche wieder Makrokonflikt zu finden

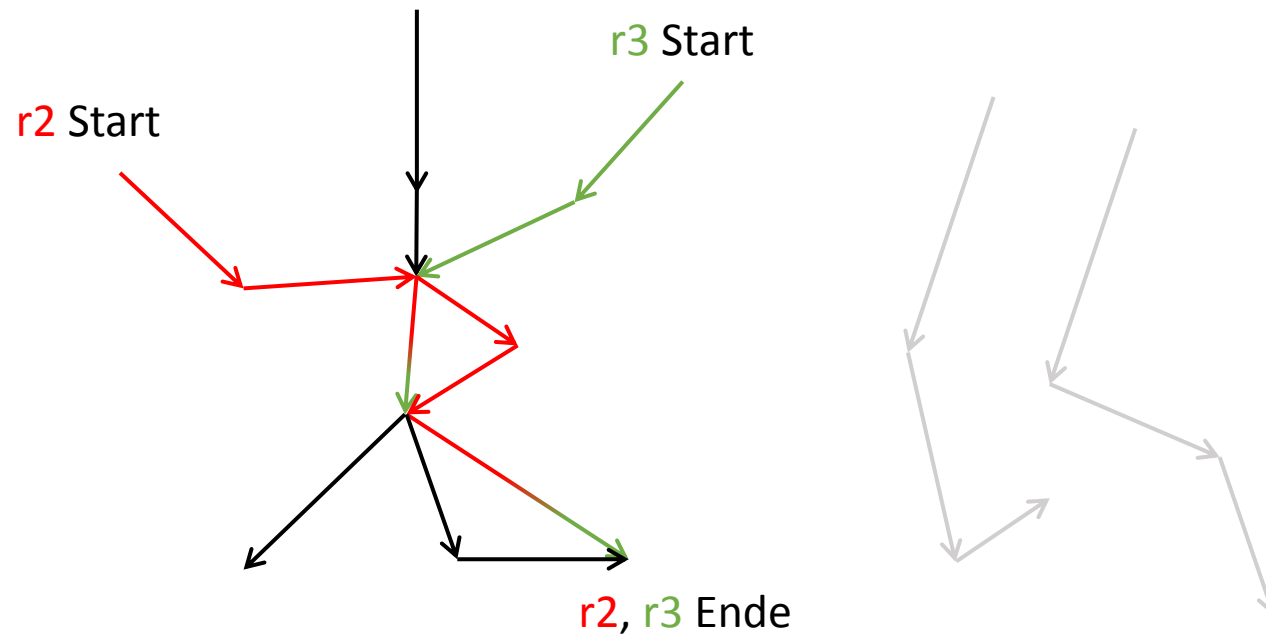
Nachfragen **r1**, **r2**, **r3**, r4, r5



Verfahren

Nachfragen **r2**, **r3**

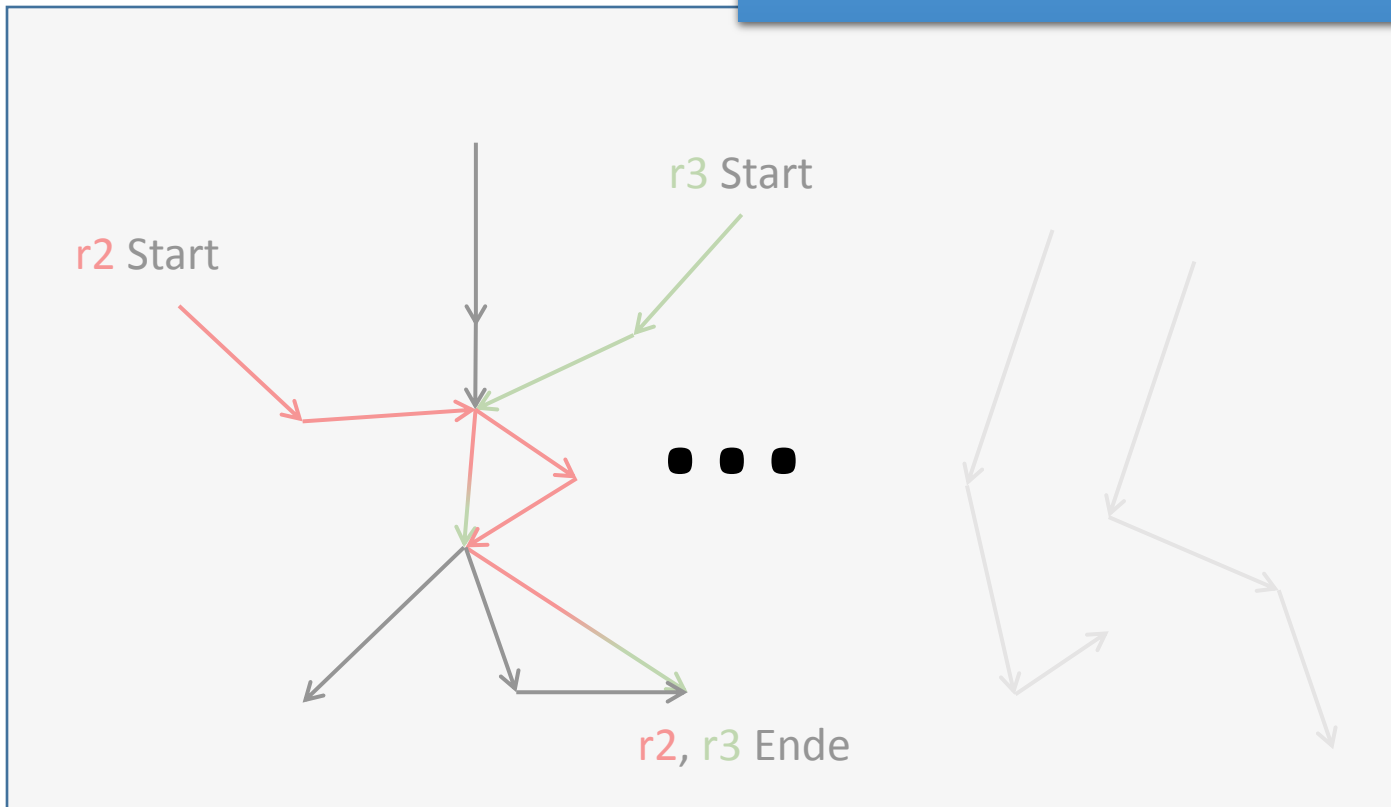
- Konflikt {r2, r3} gefunden
- → Versuche diesen wieder mittels Mikrokonflikte und neuer Pfade aufzulösen



Verfahren

Nachfragen **r2**, **r3**

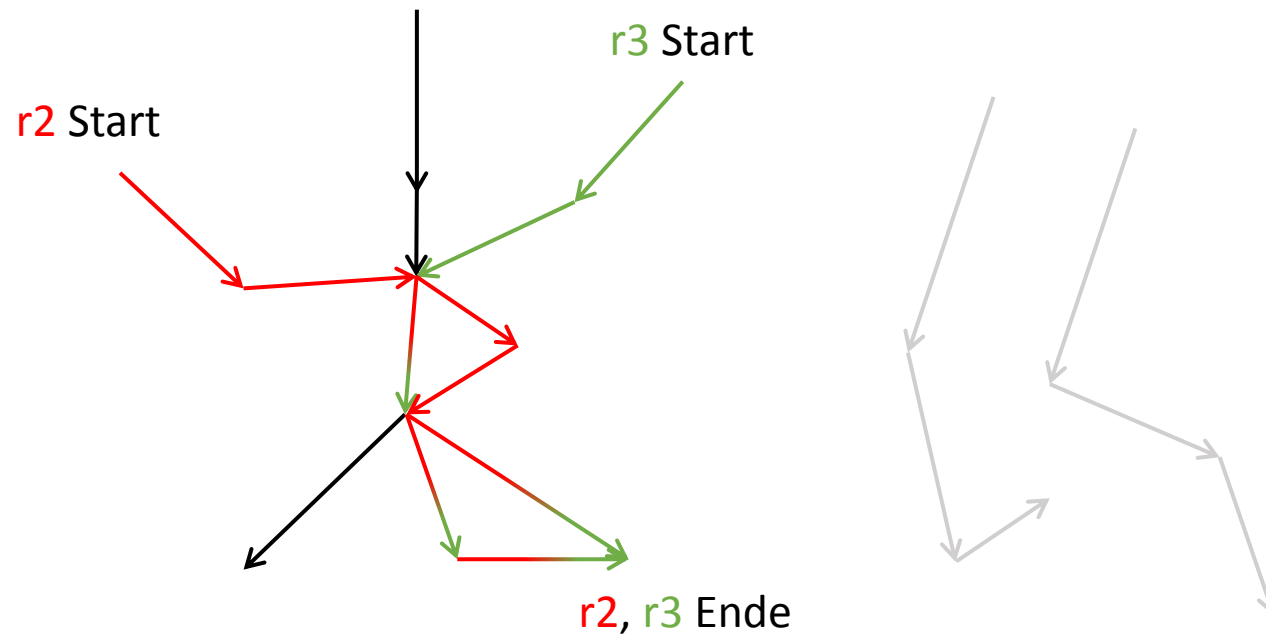
- Konflikt {r2, r3} gefunden
- → Versuche diesen wieder mittels Mikrokonflikte und neuer Pfade aufzulösen



Verfahren

Nachfragen **r2**, **r3**

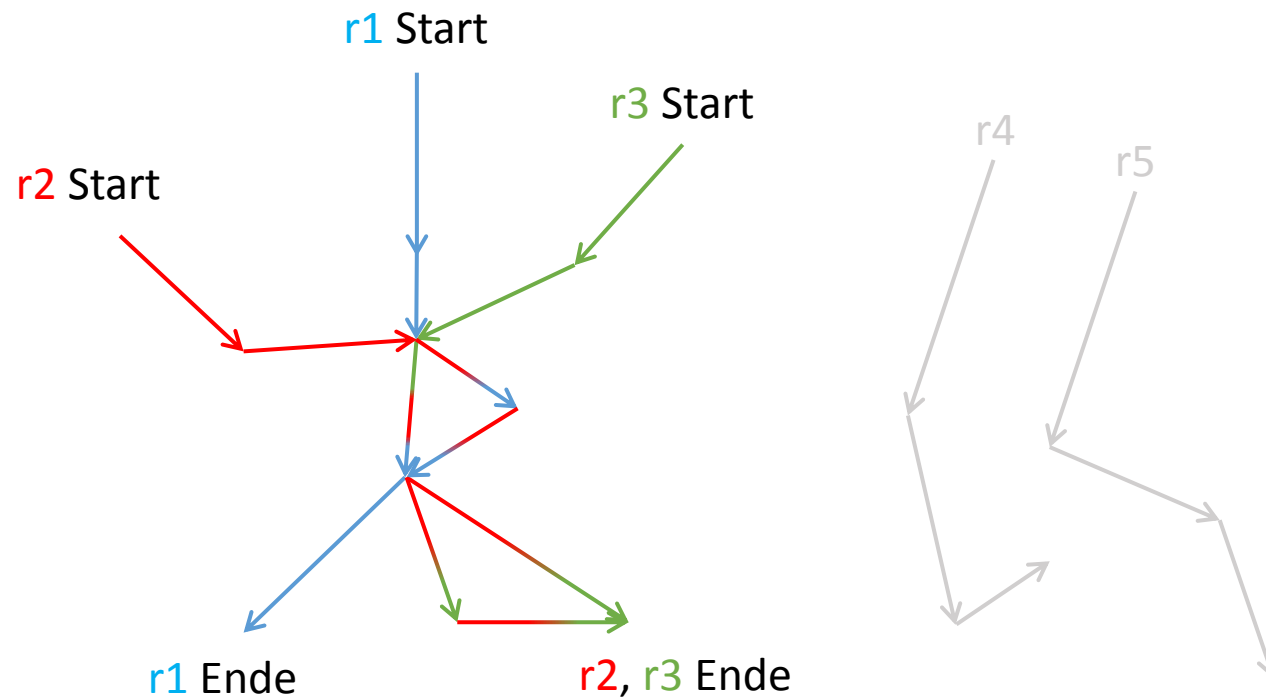
- Konflikt {r2, r3} aufgelöst und lösbar
- Systemtrassenmengen wurden größer



Verfahren

Nachfragen **r1**, **r2**, **r3**, r4, r5

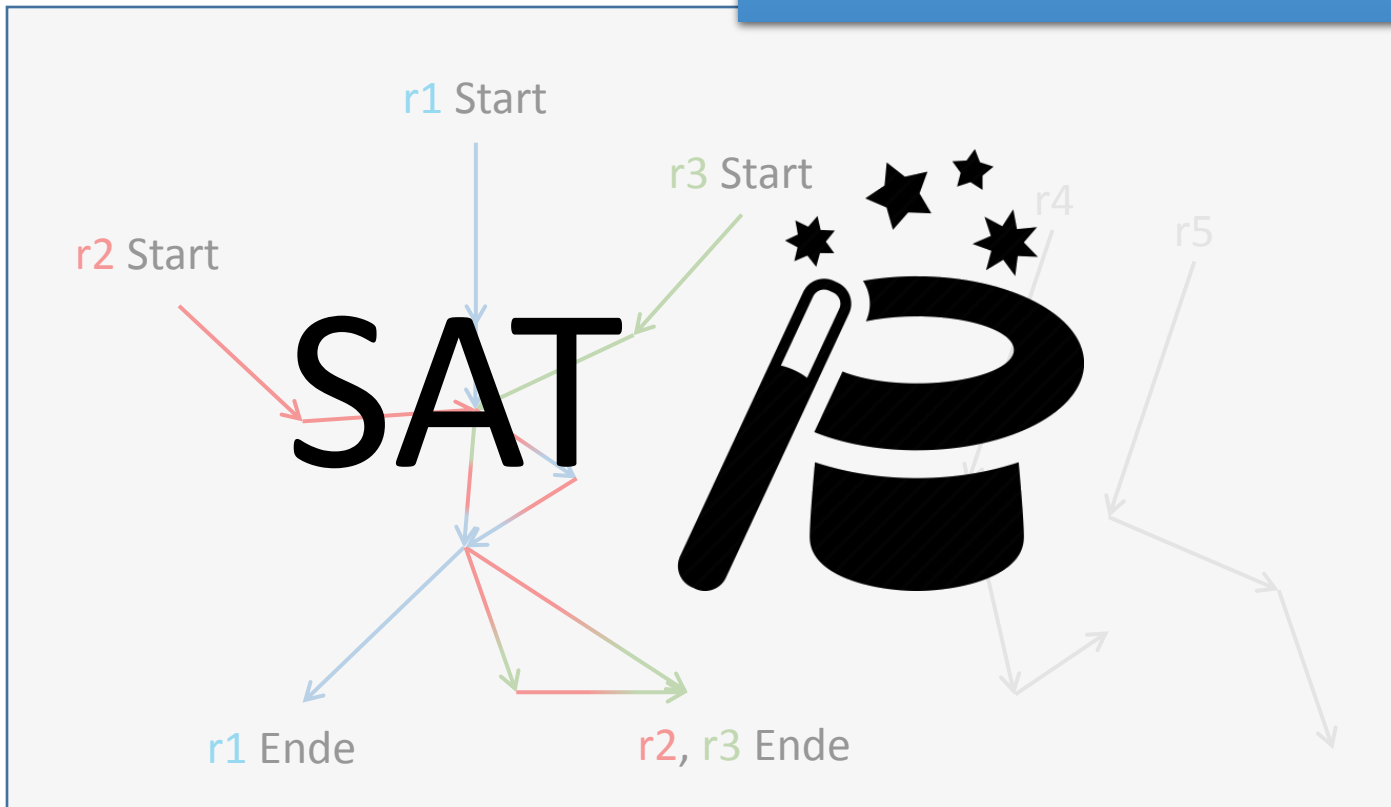
- Wir betrachten wieder alle Nachfragen
- Ist das gesamte Netzwerk jetzt lösbar?



Verfahren

Nachfragen **r1**, **r2**, **r3**, r4, r5

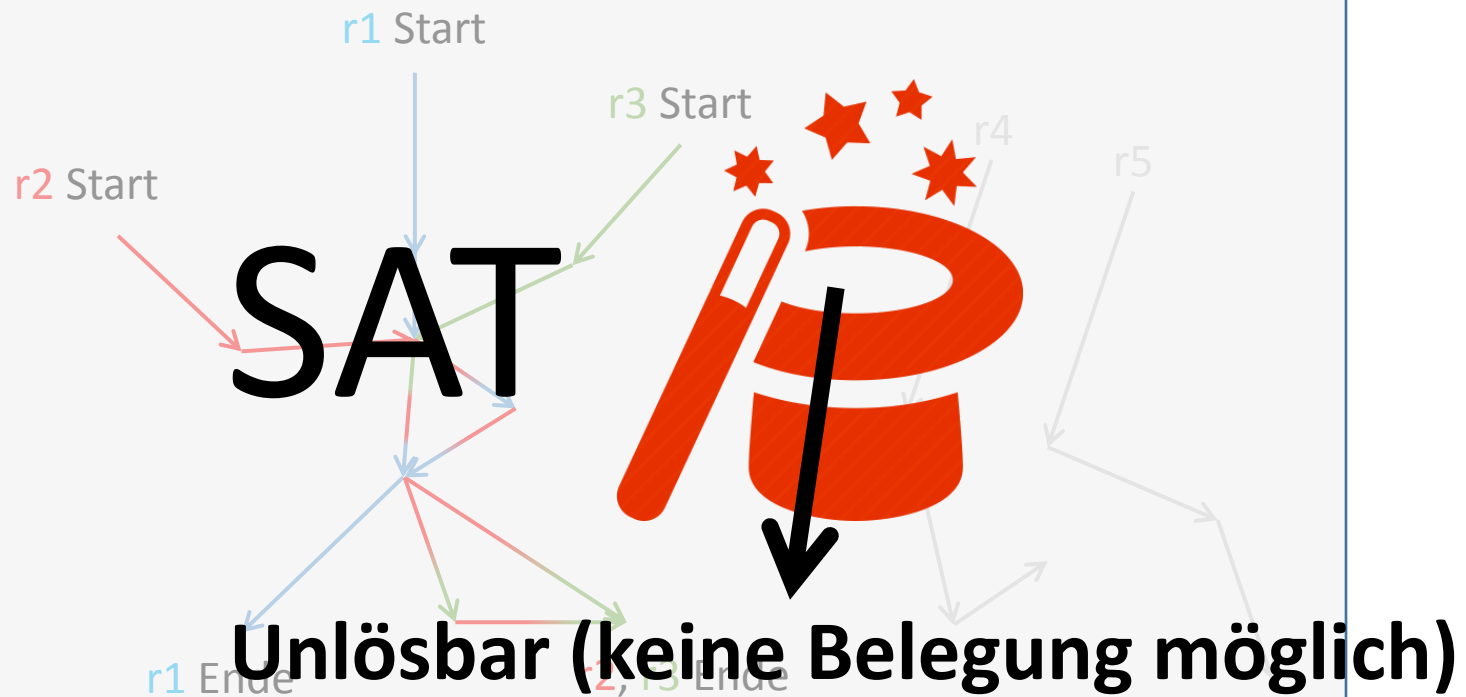
- Wir betrachten wieder alle Nachfragen
- Ist das gesamte Netzwerk jetzt lösbar?



Verfahren

Nachfragen **r1**, **r2**, **r3**, r4, r5

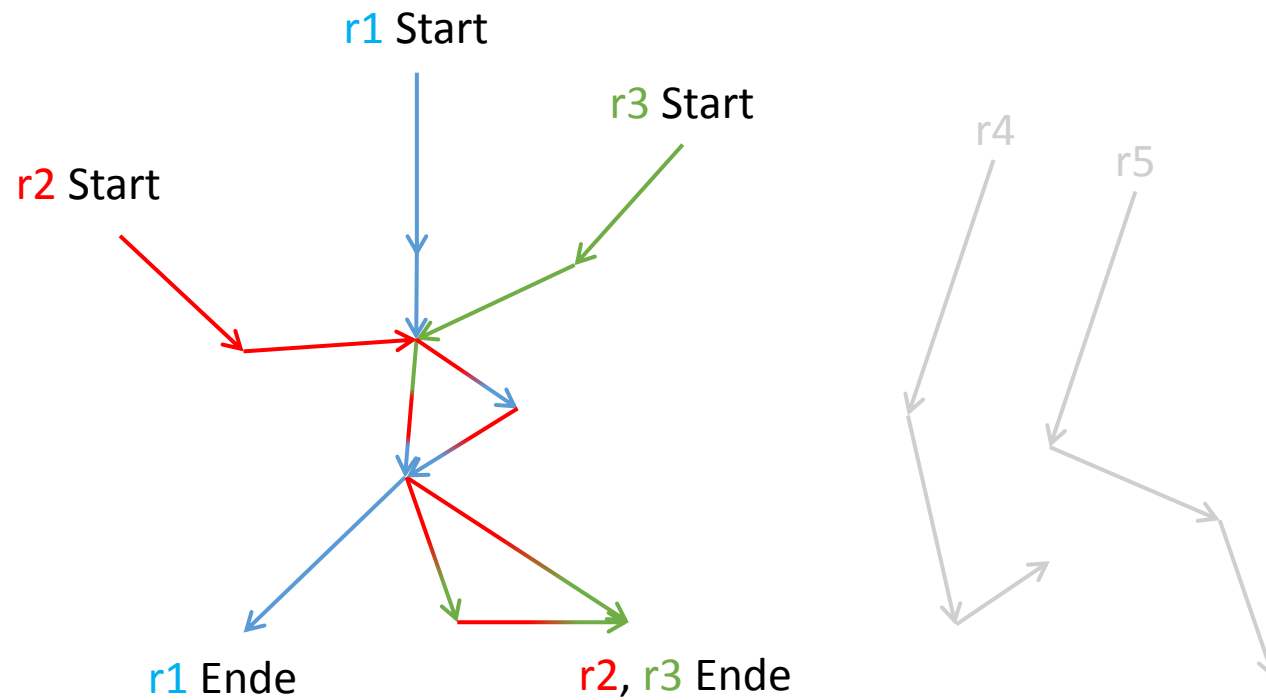
- Wir betrachten wieder alle Nachfragen
- Ist das gesamte Netzwerk jetzt lösbar?



Verfahren

- Netzwerk unlösbar
- Suche Makrokonflikt

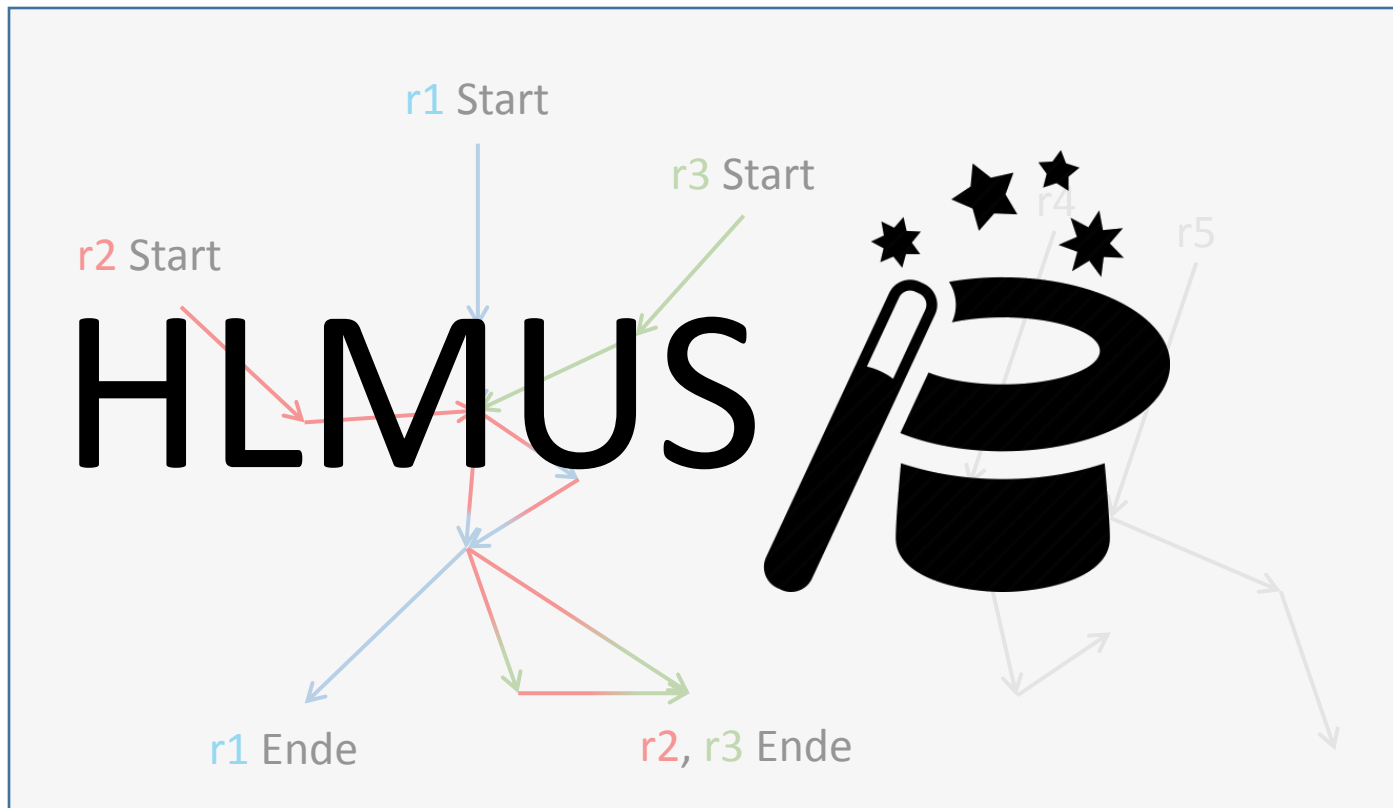
Nachfragen **r1**, **r2**, **r3**, r4, r5



Verfahren

- Netzwerk unlösbar
- Suche Makrokonflikt

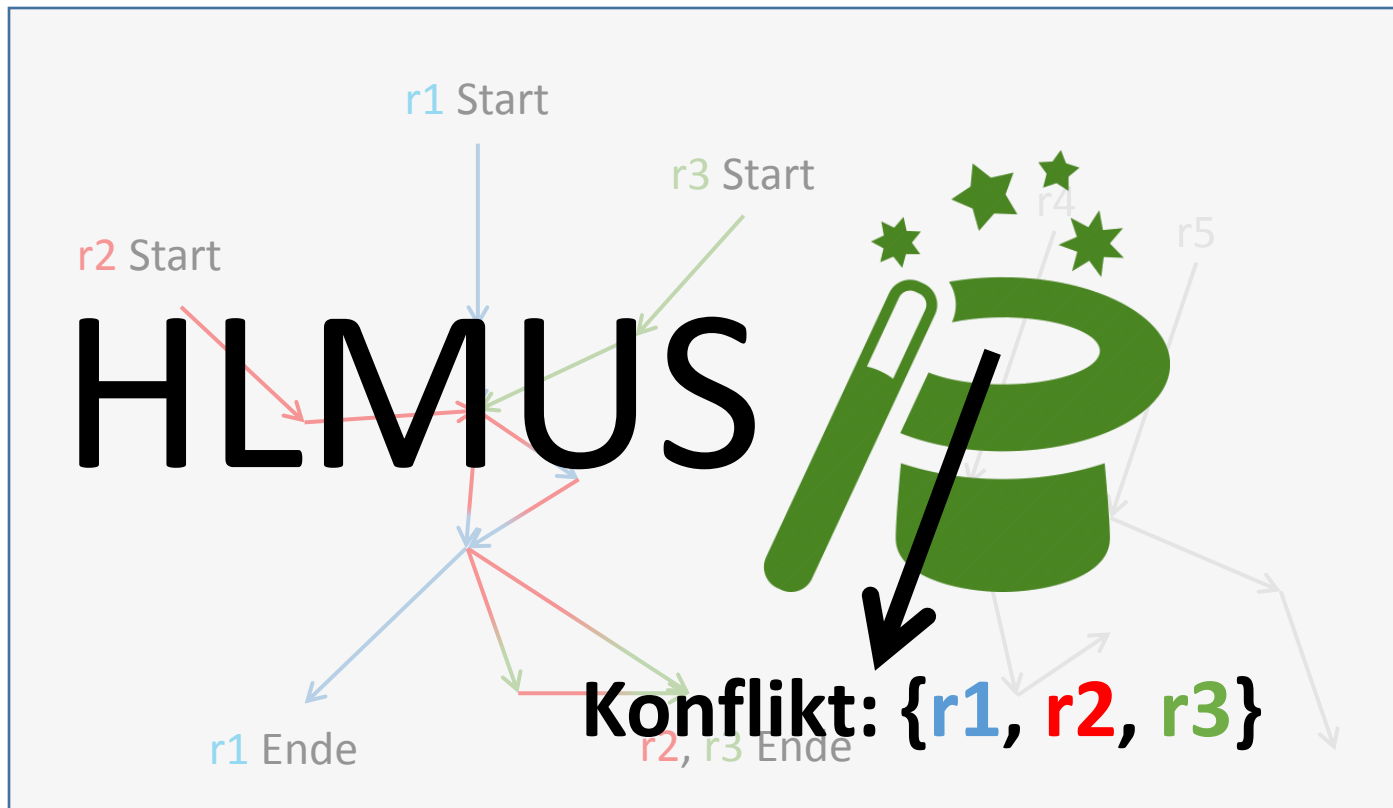
Nachfragen **r1**, **r2**, **r3**, r4, r5



Verfahren

- Netzwerk unlösbar
- Suche Makrokonflikt

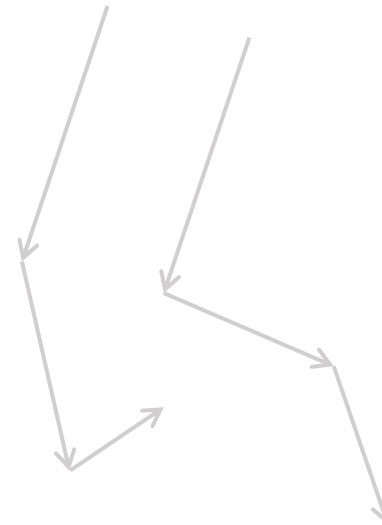
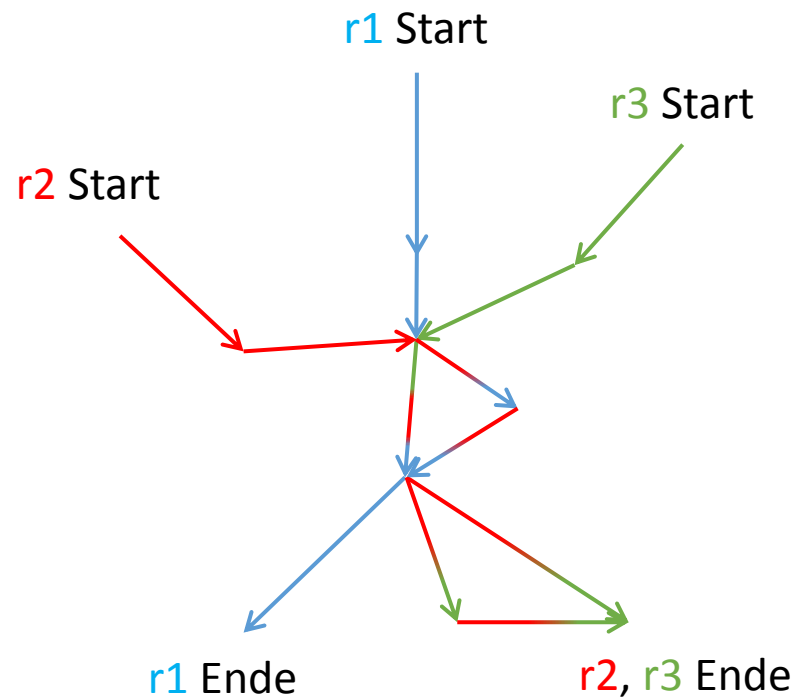
Nachfragen $r1$, $r2$, $r3$, $r4$, $r5$



Verfahren

- Auflösung von Konflikt $\{r1, r2, r3\}$?
- Suche Mikrokonflikte

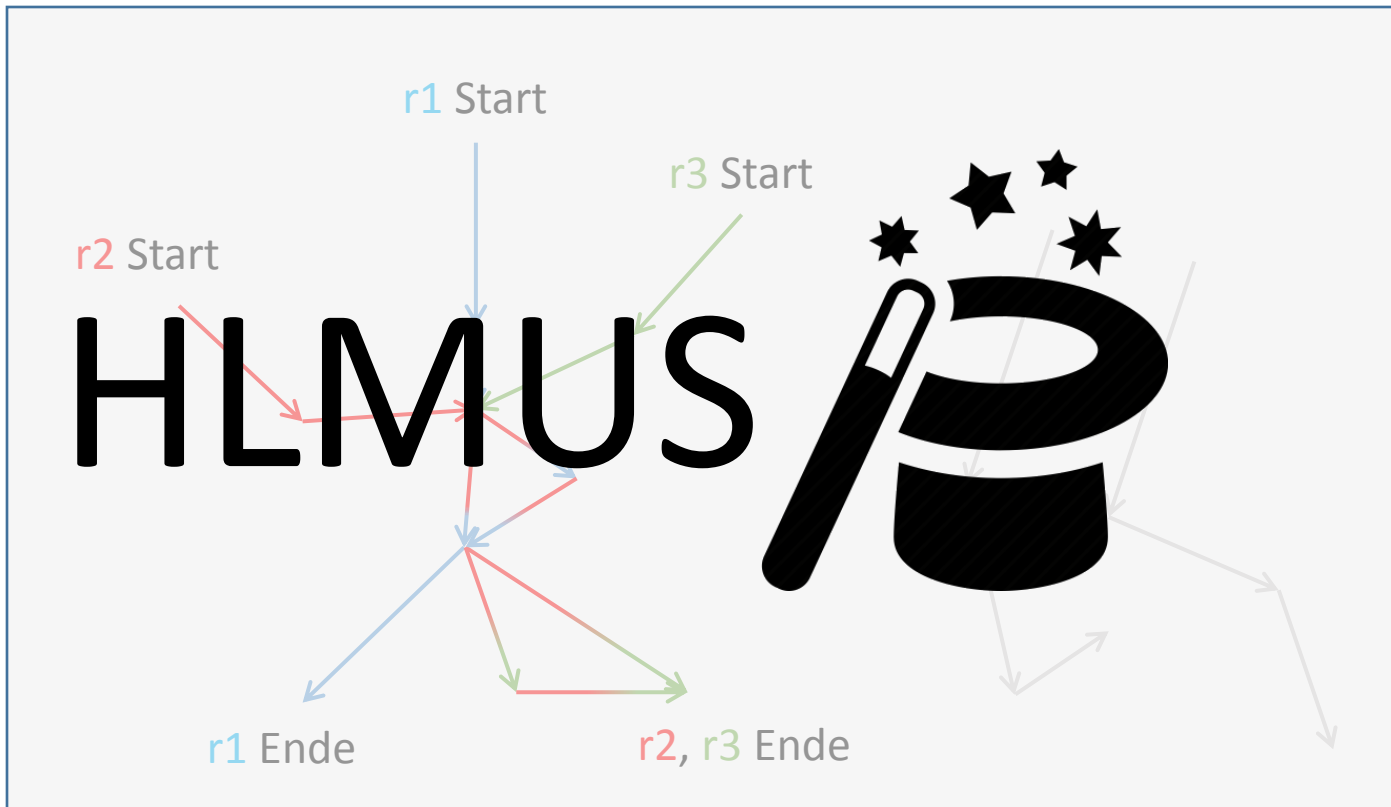
Nachfragen $r1$, $r2$, $r3$



Verfahren

- Auflösung von Konflikt $\{r1, r2, r3\}$?
- Suche Mikrokonflikte

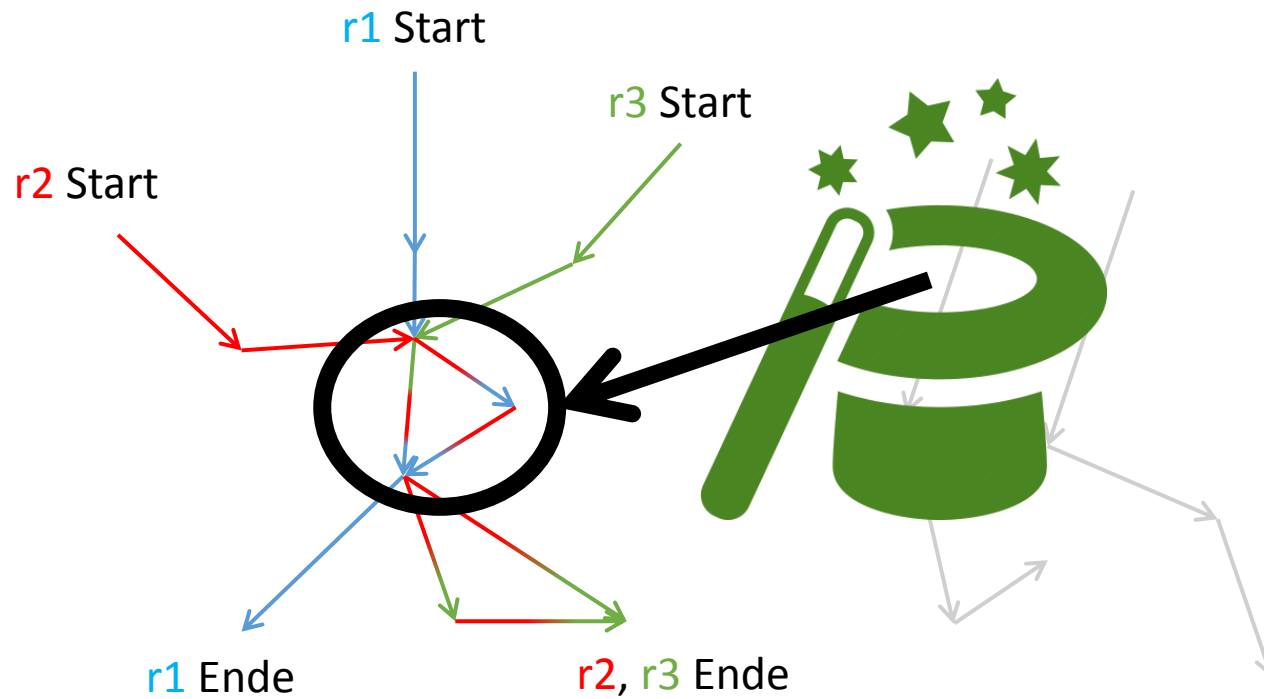
Nachfragen **r1**, **r2**, **r3**



Verfahren

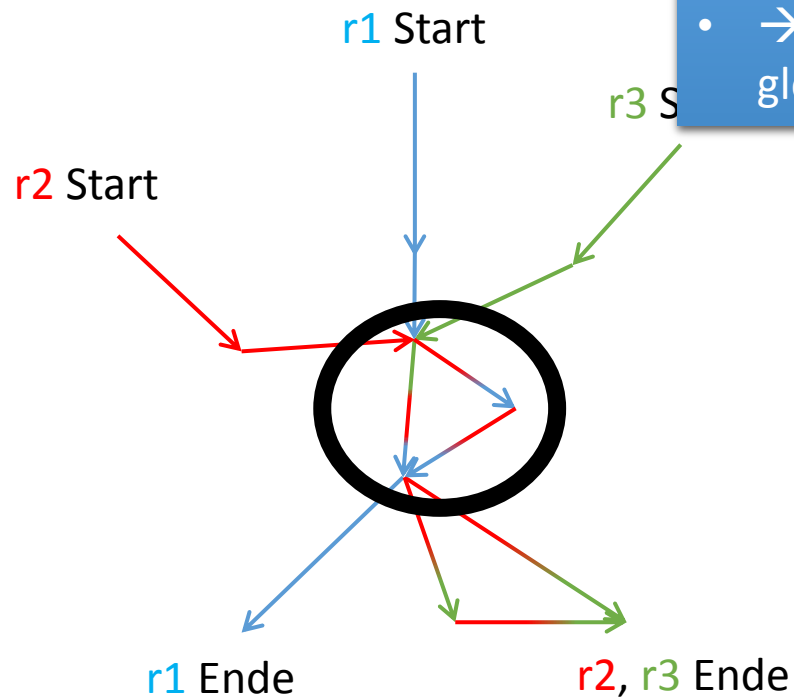
Nachfragen **r1**, **r2**, **r3**

- Auflösung von Konflikt {r1, r2, r3}?
- Suche Mikrokonflikte
- Konflikt besteht aus 3 Systemtrassen

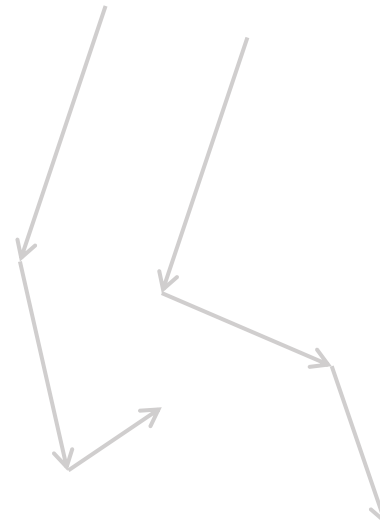


Verfahren

Nachfragen **r1**, **r2**, **r3**

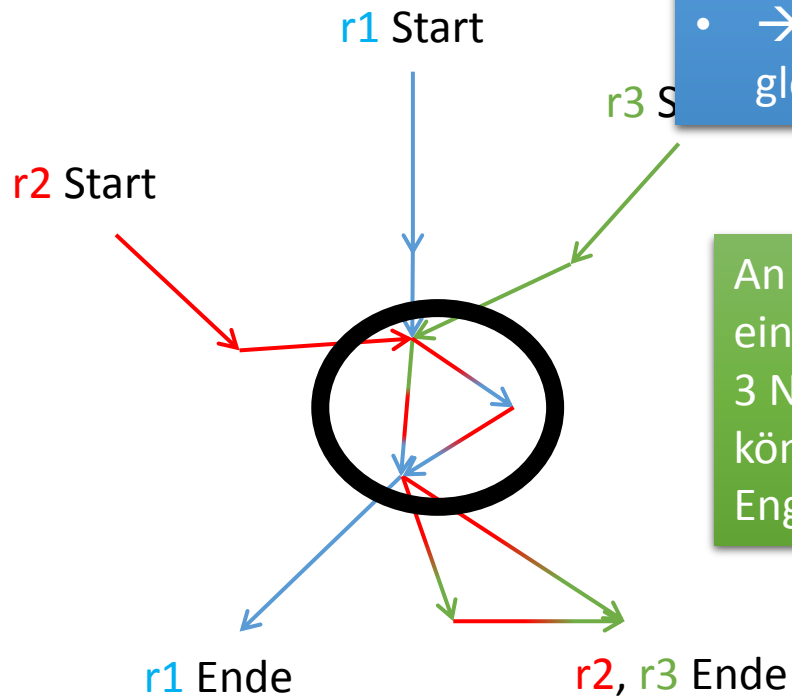


- Auflösung von Konflikt {r1, r2, r3}?
- Suche Mikrokonflikte
- Konflikt besteht aus 3 Systemtrassen
- Es gibt keine Pfade um den Konflikt
→ Konflikt nicht auflösbar
- → Es können nicht alle Nachfragen gleichzeitig erfüllt werden



Verfahren

Nachfragen **r1**, **r2**, **r3**



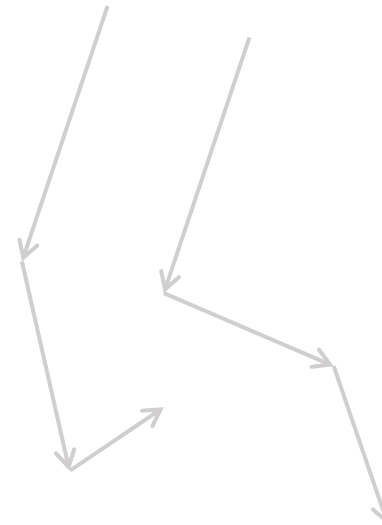
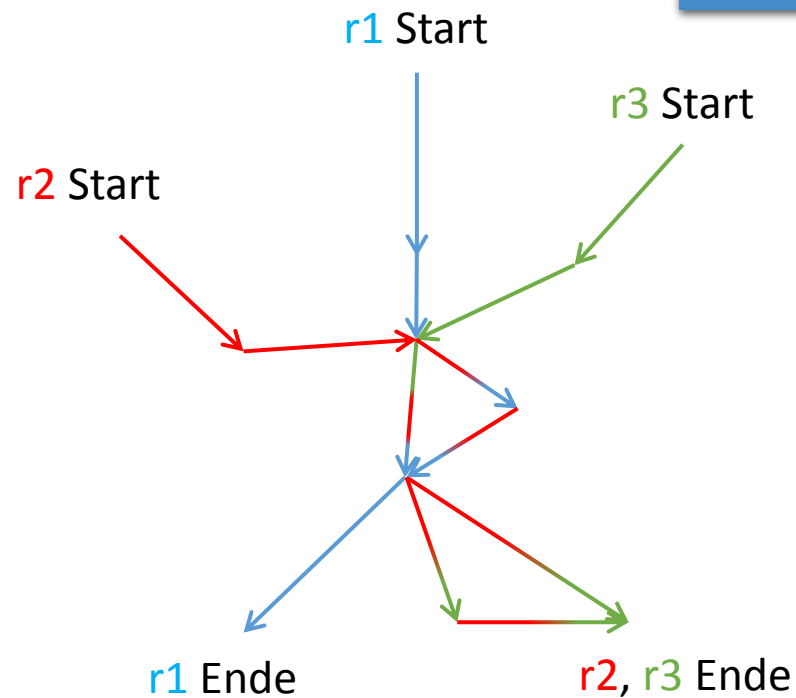
- Auflösung von Konflikt {r1, r2, r3}?
- Suche Mikrokonflikte
- Konflikt besteht aus 3 Systemtrassen
- Es gibt keine Pfade um den Konflikt
→ Konflikt nicht auflösbar
- → Es können nicht alle Nachfragen gleichzeitig erfüllt werden

An dieser Stelle hat man einen Beweis, dass nicht alle 3 Nachfragen erfüllt werden können → eindeutige Engpassidentifikation

Verfahren

Nachfragen **r1**, **r2**, **r3**

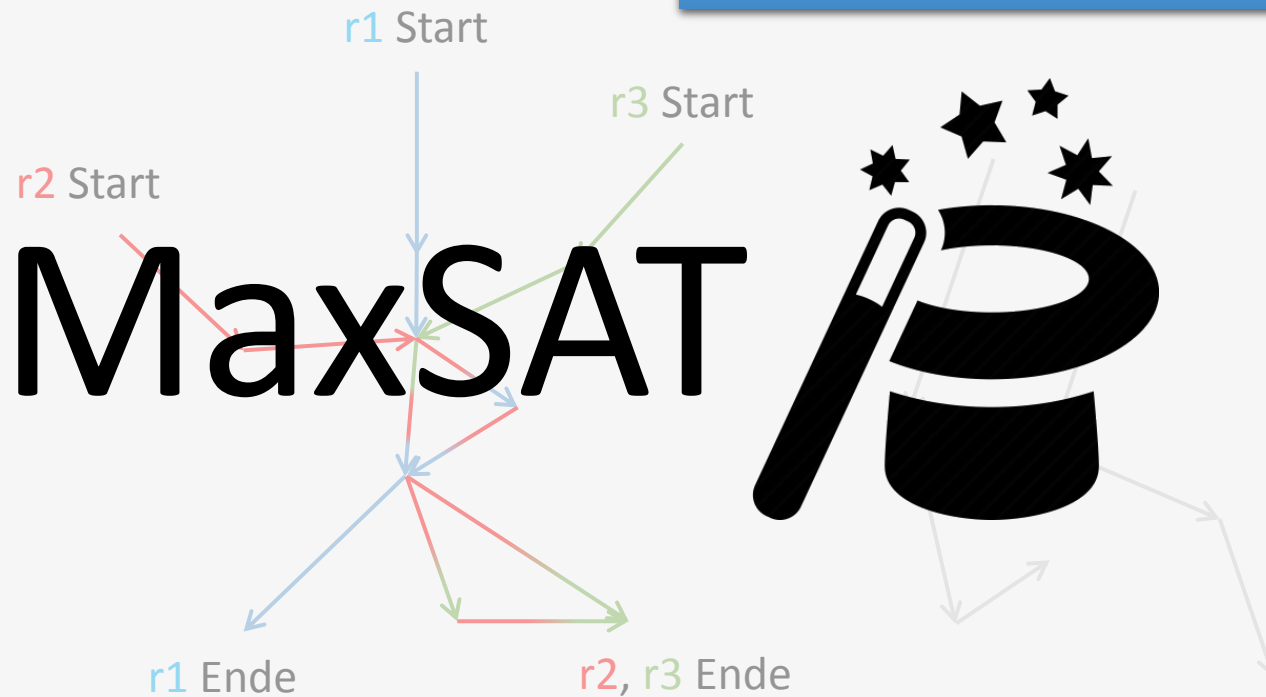
- Auflösung von Konflikt $\{r1, r2, r3\}$?
- Maximiere die Anzahl der erfüllten Nachfragen
- Hier mit Gewicht 1 \rightarrow Anzahl wird maximiert



Verfahren

Nachfragen **r1**, **r2**, **r3**

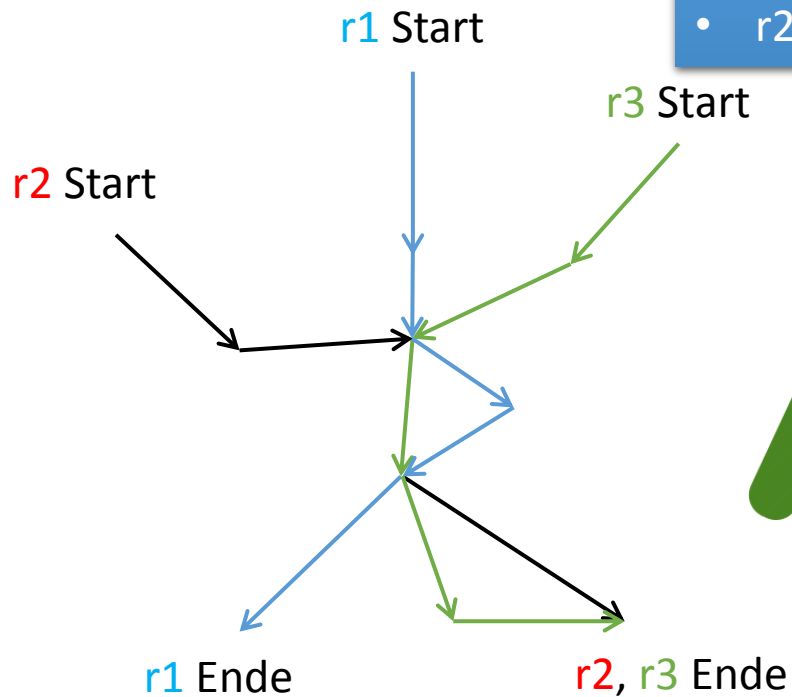
- Auflösung von Konflikt $\{r1, r2, r3\}$?
- Maximiere die Anzahl der erfüllten Nachfragen
- Hier mit Gewicht 1 \rightarrow Anzahl wird maximiert



Verfahren

Nachfragen **r1**, **r2**, **r3**

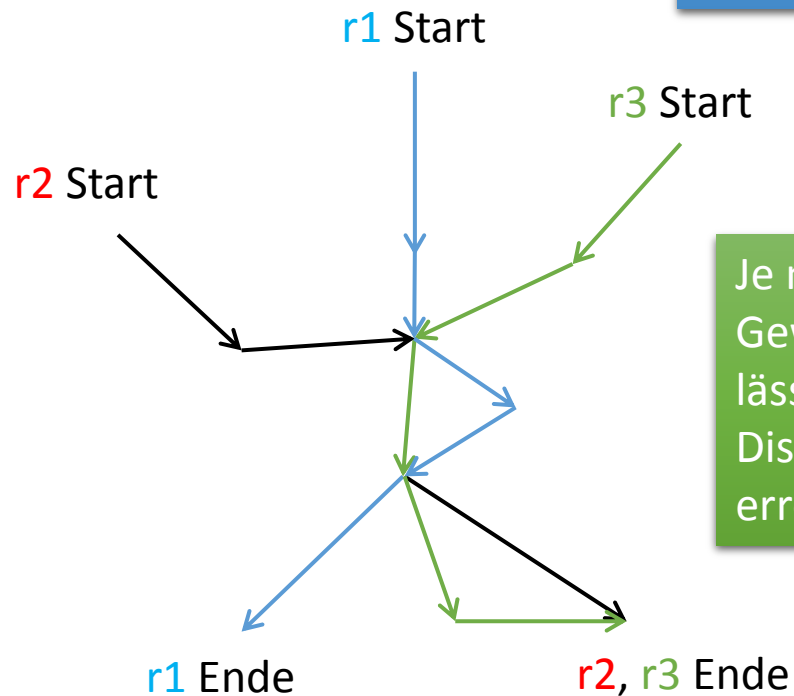
- Auflösung von Konflikt $\{r1, r2, r3\}$?
- Maximiere die Anzahl der erfüllten Nachfragen
- Hier mit Gewicht 1 \rightarrow Anzahl wird maximiert
- **r2** wird als unerfüllbar eingestuft



Verfahren

Nachfragen **r1**, **r2**, **r3**

- Auflösung von Konflikt $\{r1, r2, r3\}$?
- Maximiere die Anzahl der erfüllten Nachfragen
- Hier mit Gewicht 1 \rightarrow Anzahl wird maximiert

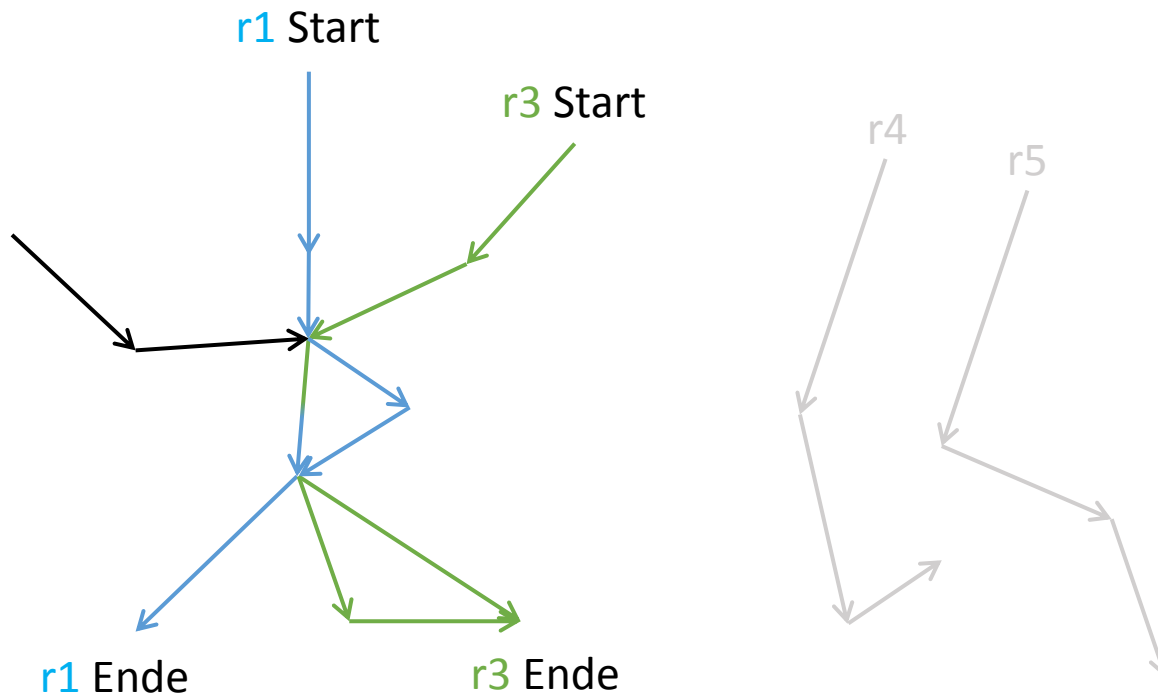


Je nach Priorisierung der Gewichte oder Staffelung lässt sich hier Diskriminierungsfreiheit erreichen (?)

Verfahren

Nachfragen **r1**, **r3**, r4, r5

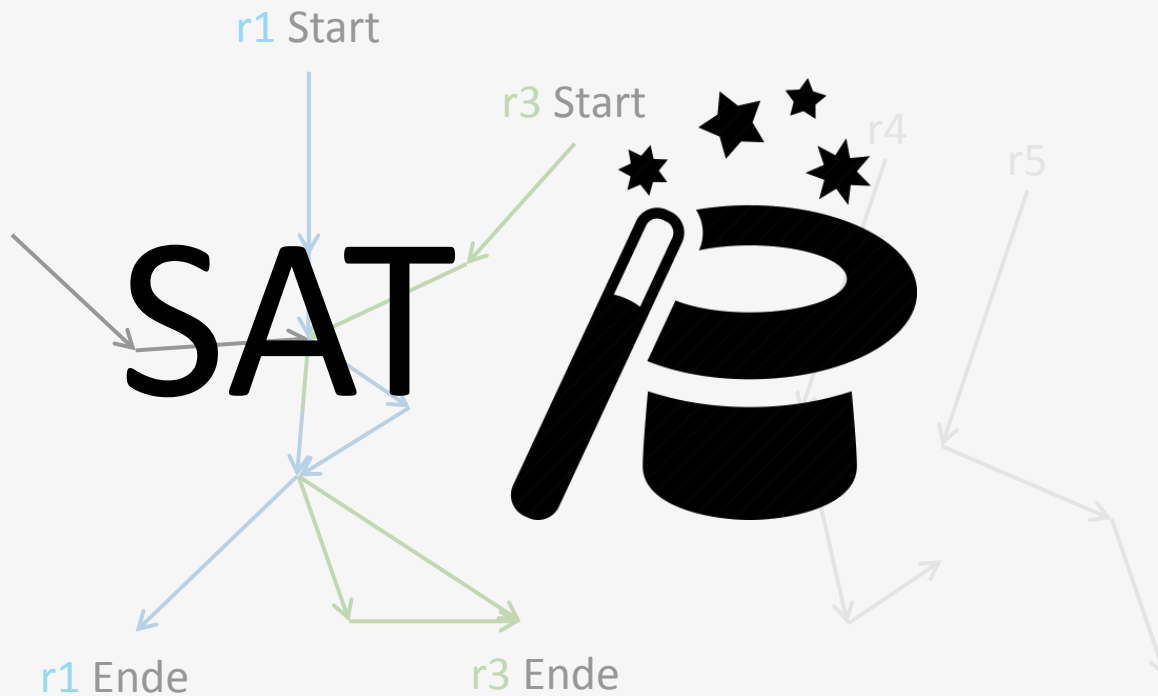
- Wir betrachten wieder alle (übrig gebliebenen) Nachfragen
- Ist das gesamte Netzwerk jetzt lösbar?



Verfahren

Nachfragen **r1**, **r3**, r4, r5

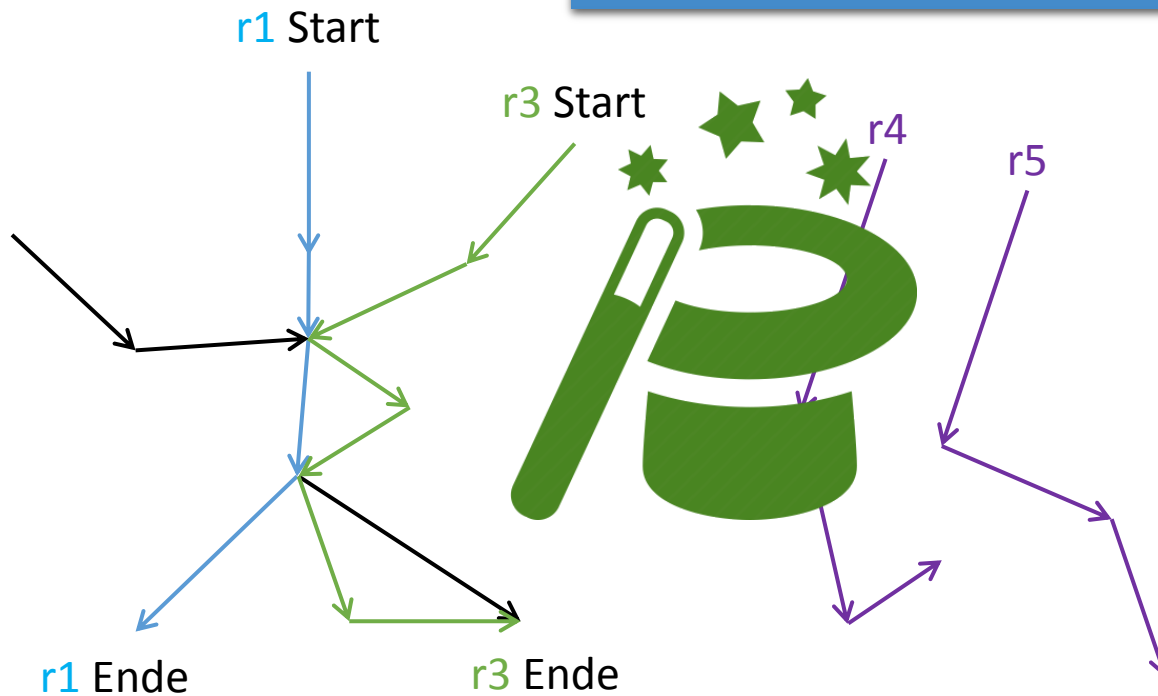
- Wir betrachten wieder alle (übrig gebliebenen) Nachfragen
- Ist das gesamte Netzwerk jetzt lösbar?



Verfahren

Nachfragen **r1**, **r3**, **r4**, **r5**

- Wir betrachten wieder alle (übrig gebliebenen) Nachfragen
- Ist das gesamte Netzwerk jetzt lösbar?
- Ja → Verfahren beendet



Wiederverwendung

Von bereits implementierten Dingen aus UE4

Spaltengenerierung

- Iteratives Verfahren
- Pro Iteration hinzufügen neuer Pfade
- Neue Pfade basieren auf *Schattenpreise* (Trassen, Zeitfenstern), parallel berechenbar
- Variablen sind Pfade
- Basismodellierung: LP

Konfliktauflösung

- Iteratives Verfahren
- Pro Iteration hinzufügen neuer Pfade
- Neue Pfade basieren auf *Konflikten* (Trassen, Zeitfenstern), parallel berechenbar
- Variablen sind Systemtrassen
- Basismodellierung: SAT, MaxSAT, HLMUS